ARCHIV FÜR HYGIENE UND BAKTERIOLOGIE

Digitized by Google

THE LIBRARY
OF THE

ASS B610.5
OOK Ar2h

Digitized by Google

ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. E. CRAMER, Heidelberg; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. J. v. FODOR, Budapest; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Oberstabsarzt Dr. A. SCHUSTER, München.

HERAUSGEGEBEN

VON

H. BUCHNER, J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O.Ö PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

MÜNCHEN STRASSBURG WIEN LEIPZIG BERLIN.

VIERUNDDREISSIGSTER BAND.

UNIVERSITY OF
ILLINOIS
LIBRARY

MÜNCHEN UND LEIPZIG.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.
1899.

Digitized by Google

UNIVERSITY OF
MINNESOTA
LIBRARY

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Ueber den Streptococcus Equi. Experimental-Untersuchungen von Dr. Ettore Cappelletti und Dr. Michelangelo Vivaldi, Assistenten. (Aus dem hygienischen Institut der kgl. Universität Padova) 1

Eine colorimetrische Methode zur Bestimmung der Phosphorsäure im Wasser. Von Dr. Adolf Jolles, Docent am k. k. Technologischen Gewerbemuseum in Wien. (Aus dem chemisch-mikroskopischen Laboratorium von Dr. Max und Dr. Adolf Jolles in Wien) . . . 22

Zur Kenntnis der Wirkung von Kresolen bei deren Verwendung zur Desinfection. Von Dr. C. B. Schürmayer, Hannover 31

Ueber die bacterienschädigenden Einwirkungen der Metalle. Von Dr. phil. Hermann Thiele und Dr. med. Kurt Wolf. (Aus der Königl. Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege zu Dresden.) (Mit 1 Tafel) 43

Ein neues Verfahren zur Bestimmung des Sauerstoffs in Gasgemengen. Von Dr. G. W. Chlopin, Professor der Hygiene und Director des hygienischen Instituts an der kais. Universität in Jurjew (Dorpat) 71

Ueber eine neue Methode zur Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit. Von Bezirksarzt Dr. G. Markl. (Aus dem chemischen Laboratorium des k. und k. Militär-Sanitäts-Comité in Wien) 87

Bericht über die Untersuchung des Berliner Leitungswassers in der Zeit vom April 1894 bis December 1897. Von Prof. Dr. Carl Günther und Dr. O. Spitta. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin) 101

Vergleichende Studien über den Bacillus pyocyaneus und den Bacillus fluorescens liquefaciens. Von Dr. Stanislav Růžička, Assistenten am Institute. (Aus dem hygienischen Institute des Prof. Dr. G. Kabrhel in Prag) 149

Beiträge zur Frage der specifischen Wirkung der Immunsera. Von Oberarzt Dr. Conrad Mann, commandirt zum hygienischen Institute in Würzburg. (Aus dem hygienischen Institut in Würzburg) . . 179

AN 2 Fock

466578

Digitized by Google

Seite

Ueber die Beziehung des Bacillus implexus Zimmermann zum Bacillus subtilis Cohn. Ein Beitrag zur Lehre von der Variabilität der Spaltpilze. Von Franz Zierler, Zahnarzt in Würzburg. (Aus dem hygienischen Institut in Würzburg) 192

Einige Bemerkungen zur Geisselfrage. Nachschrift zu vorstehender Arbeit des Herrn Zierler von Prof. Dr. K. B. Lehmann. (Aus dem hygienischen Institut zu Würzburg) 198

Ueber den Einfluss des Wassergehaltes der Nährböden auf das Wachsthum der Bacterien. Von Leo Wolf, aus Oberstein a. N. (Aus dem hygienischen Institut zu Würzburg) 200

Die Bedeutung der Darmbacterien für die Ernährung. Von Dr. Max Schottelius, Professor der Hygiene. (Aus dem hygien. Institut der Universität Freiburg i. B.) 210

Kostordnung in den italienischen Krankenhäusern. Untersuchungen von Prof. Pietro Albertoni in Bologna 244

Ueber die Herstellung von Rahm und Butter frei von gesundheitsschädlichen Organismen. Von Prof. Dr. K. B. Lehmann. (Aus dem hygienischen Institut in Würzburg) 261

Experimentelle Untersuchungen über die Gewöhnung an Fabrikgase. (Ammoniak, Chlor, Schwefelwasserstoff.) Von Prof. Dr. K. B. Lehmann. (Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.) (Mit Tafel II, III u. IV) 272

Wieviel Chlor nimmt ein Hund in einer Chloratmosphäre auf und auf welchem Wege? Von Prof. Dr. K. B. Lehmann. (Aus dem hygienischen Institut in Würzburg) 308

Der Kohlensäuregehalt der Inspirationsluft im Freien und im Zimmer. Nach in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Gottlob Fuchs aus Wüstebriese und Dr. Hugo Schmid aus Passau angestellten Versuchen. Von Prof. Dr. K. B. Lehmann. (Aus dem hygienischen Institut in Würzburg) 315

Experimentelle Studien über den Einfluss technisch und hygienisch wichtiger Gase und Dämpfe auf den Organismus. Theil VIII: Beiträge zur Kenntnis der Terpentinölwirkung. Von Prof. Dr. K. B. Lehmann. (Aus dem hygienischen Institut in Würzburg) 321

Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung technisch und hygienisch wichtiger Gase. Theil IX: Untersuchungen über die langdauernde Wirkung mittlerer Kohlensäuredosen auf den Menschen. Unter Mitwirkung von Herrn Dr. Hans Bickel aus Kempten und Herrn Dr. Karl Herrligkoffer aus Kallmünz. Von Prof. Dr. K. B. Lehmann. (Aus dem hygienischen Institut zu Würzburg) 335

Ueber die Bestimmung des Bindegewebes im Muskel. Von Dr. E. Schepilewsky aus St. Petersburg. (Aus dem hygienischen Institut in Würzburg) 348

Digitized by Google

Ueber den Streptococcus Equi.

Experimental-Untersuchungen

von

Dr. **Ettore Cappelletti** und Dr. **Michelangelo Vivaldi,**

Assistenten.

(Aus dem hygienischen Institut der kgl. Universität Padova.)

I.

Unsere vorliegenden Experimental-Untersuchungen betreffen eine häufig die Pferde befallende Infectionskrankheit, welche, trotzdem sie oft mit deutlichen Symptomen abläuft, manchmal auch abweichende klinische Formen annehmen kann. In letzterem Falle fehlt das Kriterium für eine fertige und sichere Diagnose und die Prophylaxis findet daher eine auf Ungewissheit basirende Anwendung. Alsdann hat nur die Bacteriologie zu demonstriren, dass die schweren Formen, welche sich mit neuen und ungewöhnlichen Symptomen abwickeln und die übrigen, die unter den typischen Phänomenen verlaufen, einen einzigen ätiologischen Factor besitzen, der die ihnen eigene Biologie und gleichermaassen Virulenz gemäss gegebenen Zeit- und Ortsverhältnissen modificirt. Wir haben dies in einer schweren Epidemie von Adenitis equina (gourme der Franzosen) feststellen können, welche unter den Pferden einiger in der Stadt Treviso in Garnison liegenden Artillerie-Batterien hauste.

Die Krankheit, welche im verflossenen Januar begonnen hatte, überdauerte Februar und März und ergriff 25 Thiere, von

Digitized by Google

denen 13 geheilt wurden und 12 verendeten. Nocard[1]) zeigt, wie die »Gourme« sich in verschiedener Weise manifestirt. Er sagt: »il n'est pas d'exemple plus complet de la molteplicité des aspects cliniques que peut revêtir une même infection. Exprimée seulement, en certains cas, par une éruption cutanée bénigne, elle se traduira dans d'autres par des catarrhes diffus des muqueuses ou par des foyers limités de suppuration, affectant les sièges les plus variés; dans certaines formes enfin, elle revêtira les caractères d'une septicaemie maligne, à évolution rapide«.

In unserem Falle gaben morbose Localisationen, die sich acut bald im Verdauungs-, bald im Respirationsapparat eingestellt hatten, rasch allgemeine Manifestationen (erhöhtes Fieber von 41°) — partielles oder diffuses Muskelzittern — Injection der Nasen- und Lippenschleimhäute, Rektalhämorrhagien etc.).

Die anatomischen Läsionen wurden immer als vorwiegend im Magen-Darmschlauch festgestellt — Schleimhaut des Magens und Eingeweides geschwollen, von dicker catarrhalischer Schicht und hier und da auch von ausgedehnten hämorrhagischen Infiltrationen bedeckt — das fluctuirende Colon oft gangranös. In den Lungen und vorzugsweise in den oberen Lappen derselben zuweilen zusammenlaufende Herde von Broncho-Pneumonitis. Die Milz, im Volumen stark vermehrt, mit welcher zerfallender Pulpa, Sitz von Hämorrhagien. Leber, gleichermaassen vergrössert, schmutzig-fett. Die Nieren blutüberfüllt, in besonderer Weise in Beziehung zu den Pyramiden — hier und da die Rindensubstanz injicirt und mit Flächen fettiger Entartung. Schwarzes, pechartiges Blut. Geschwollen die Windungen des Mesentheriums und die peribronchialen.

Das Herzblut, die pneumonischen Exsudate, der succus splenicus, der Eingeweide-Inhalt von drei acut verendeten Pferden waren das erste Material, welches wir für unsere Untersuchungen nutzbar machten und das uns Gelegenheit gab, festzustellen, dass es sich in den citirten Fällen wirklich um Gourme handelte.

---

1) Les maladies microbiennes des animaux, Paris, 1896.

Digitized by Google

In der That haben wir in den aus dem Blute und Succus splenicus hergestellten Präparaten die ausschliessliche Gegenwart kleiner Coccen, zerstreut oder geeint, zuweilen auch in kurzen Ketten aneinandergereiht, erweisen können. Die gleichen Elemente vermochten wir fast vorherrschend im Pulmonar-Exsudat und im Eingeweide-Inhalt festzustellen. Ihnen mussten wir demnach die Aetiologie der zur Entwickelung gelangten Infectivformen zuschieben; die letzteren Experimente und Beobachtungen zeigten uns, dass die Epidemie dem Streptococcus equi zu verdanken war, welcher von Schütz[1]) entdeckt, von Sand und Jensen[2]), von Poels, Nocard[3]) und Anderen beschrieben wurde.

Und den biologischen Eigenthümlichkeiten dieses Mikroorganismus wurden unsere Untersuchungen zugewendet. Vielleicht ergibt sich aus ihnen, ob dieser Pilz als eine Individualität für sich angesehen werden muss oder ob er vielmehr eine Varietät jener ausgedehnten Gruppe pathogener Streptococcen bildet, in denen Viele einen einzigen Typus erkennen wollen, der seine Eigenschaften gemäss dem Medium, in dem er auftritt, und nach anderen Einflüssen modificirt.

II.

Im Blut und in den Exsudaten der an acuter Gourme verendeten Pferde wie in denjenigen der zu Laboratoriumsexperimenten verwendeten Thiere enthüllte sich uns der Streptococcus equi unter der Form von meist isolirten, zuweilen gepaarten oder in in kurzen Ketten (4—6 Elemente) aneinandergereihten Coccen. Die Form jedes Elementes bot sich oft rund, zuweilen jedoch leicht oval dar; in einigen Fällen, in den Exsudaten und in den künstlichen Culturen konnte eine gewisse Verschiedenheit der Dimensionen durch die Gegenwart von etwas voluminöseren Elementen zwischen anderen kleineren beobachtet

1) Archiv f. Thierheilkunde, Bd. XIV, 1888.

2) Zeitschrift f. Thiermedic., Bd. XXIII, 1888.

3) Bereits citirt (s. S. 2).

Digitized by Google

werden. Der Mikroorganismus neigt zur Bildung von mehr oder minder langen Ketten, wenn er künstlich gezüchtet wird. So wird die Gegenwart von solchen mehr kurzen Ketten in den Gelatine-, Agar- und Kartoffel-Culturen, von sehr langen hingegen in Bouilloncultureu (20, 30—40 Elemente pro Serie) bemerkbar. Diese Dispositionsverschiedenheiten haben wir als zugehörig zu der grösseren oder geringeren Virulenz des Mikroorganismus gefunden.

In den acut verendeten Thieren befindet sich derselbe im Blut, in den Parenchymen und in den Exsudaten isolirt und mit geringer Neigung, sich in Serien zusammenzureihen; in denjenigen, welche einer mehr langsamen Infection erliegen, ist die Kettenbildung leichter.

Diese Ketten bieten sich dann länger in den älteren als in den neueren Culturen. Diese Thatsache, welche mit der mehr oder minder schnellen und mächtigen Vervielfältigung der Pilze in Verbindung stehen dürfte, ist den anderen Streptococcen gemeinsam und sie erweist sich, nicht zu selten, auch für den Diplococcus Fränkel's, welcher sich in kurze Ketten stellt, wenn er an eigener Virulenz verliert.

Zur Färbung des Streptococcus equi, sei es, um ihn in den Geweben, im Blut oder in den Culturen festzustellen, bedienten wir uns der gebräuchlichen Methoden. Mit Leichtigkeit nimmt er die Anilinfarben an. Er färbt sich gut mit Gram und Weigert, eine Eigenschaft, die er mit dem grössten Theile der pathogenen Streptococcen gemeinsam hat. Er ist ein vollständig unbeweglicher Mikroorganismus.

Wir haben ihn in den verschiedenen Nährmitteln cultivirt und stellen hier die erhaltenen Resultate zusammen. Er ist facultativer anaërob, gedeiht schwer bei Temperaturen unter 20°, nimmt mächtige und schnelle Entwickelung bei 24—37°. Die in Gelatine zur Entwickelung gelangten Colonien erscheinen sich ganz winzig, rund und scheibenförmig; bei geringer Vergrösserung betrachtet, ergeben sie glatte Ränder, sind schwach gelblich und granulös; diejenigen in Agar sind punktförmig und gleichen, bei blossem Auge betrachtet, kleinen Thautropfen. Im

Digitized by Google

Blutserum ergibt der Streptococcus ein feines, graues, transparentes Häutchen, durch das Zusammentreten winzigster Colonien gebildet; auf der Kartoffel entwickelt er sich mit spärlicher Kraft und ohne besondere Eigenthümlichkeiten. Typischer ist die Bouilloncultur, welche wir, so viele Proben wir auch mit dem vom Thiere entnommenen Materiale (Blut, Succus splenicus, Exsudat), als auch mit allmähligen Uebertragungen anstellten, beständig gleich sich erhalten sahen. Schon bis nach 24 Stunden der Incubation zu 35—37° erkennt man, dass, während der obere Theil der Bouillon vollkommen durchsichtig ist, im Grunde des Gefässes sich die Masse der Mikroorganismen unter der Form dichter, weisslich-grauer Flocken ansammelt. Diese werden schliesslich immer häufiger, derart, dass sie den untersten Theil der Cultur als dicke Schicht ausfüllen, welche nur beim Schütteln der Flüssigkeit sich erhebt. Der Anblick der Bouilloncultur des von uns studirten Streptococcus equi ähnelt demjenigen des pyogenen Streptococcus und des Erysipels sehr; nur dürfte er sich vielleicht durch die grössere Dichtheit und Häufigkeit der Flocken in seiner Cultur von derjenigen der beiden anderen Mikroorganismen unterscheiden.

Es will uns jedoch scheinen, dass man diesen wenig in die Augen fallenden Differenzen keine allzu grosse Bedeutung beilegen dürfe, umsomehr, als man schon oft beobachtet hat, wie sich Streptococcen verschiedener Provenienz in ähnlicher Weise verhalten können, wenn sie künstlich gezüchtet sind, da ja auf ihre grössere oder geringere Entwickelung eine schwache oder starke Alkalinität der Bouillon von Einfluss sein kann.

Die Culturen, welche wir in den gewöhnlichen Nährmitteln, aber auch in anderen, wie z. B. in der Milch, dem Serum, dem Fucus vornahmen, haben uns keine wichtigen Unterscheidungsmerkmale zwischen dem Entwickelungsgange des Streptococcus equi und demjenigen der gewöhnlichen bekannten Streptococcen ergeben.

Wir haben untersucht, wie dieser Mikrobe im Körper der Thiere wirkt, und zahlreich waren die Experimente, die wir an weissen Mäusen, an Meerschweinchen und Kaninchen vornahmen,

wobei wir als Impfmaterial entweder die aus den Organen, dem Blute, den Exsudaten der spontan verendeten Pferde genommene frische Substanz oder die neueren und alten Bouillonculturen verwendeten.

Fassen wir nun die anatomischen Berichte und die bacterioskopischen Resultate in chronologischer Reihenfolge zusammen:

a) Mäuse. Diese kleinen Thiere zeigen sich der Wirkung des Streptococcus gegenüber sehr empfindlich. Unter der Haut mit Blut oder Lungen-Exsudat von an Gourme verendeten Pferden inoculirt, erliegen sie am vierten Tage, folgende Läsionen darbietend: Gräuliche, milde eitrige Exsudation an der Impfstelle. Bedeutende Schwellung der Milz und schwärzliche Färbung der letzteren, Leber blutüberfüllt und vergrössert, diffuser Eingeweide-Catarrh, wässeriges Blut. Mit successiven Uebertragungen von einer Maus zur anderen, erhält man in einer genugsam ausgedehnten Periode ein fixes Virus (Tod der Thiere am 3. Tage), welches sich jedoch in der Folge spontan abschwächt (Tod zwischen dem 6. und 8. Tage), um sich dann wieder zu verstärken; für letztere Erscheinung haben wir keine Erklärung finden können.

Wenn man anstatt des frischen, vom Thiere stammenden Materiales die neueren Bouillonculturen zur Anwendung bringt, so erzeugt man auch mit minimalen Dosen ($^1/_{20}$ ccm) den Tod der Mäuse, aber dieser erfolgt mit einer gewissen Verzögerung, und bei der Autopsie ergeben sich dann vorherrschend die localen Krankheitserscheinungen (am ausgedehntesten die Exsudation an der Inoculationsstelle).

Das bacterioskopische Ergebnis war bei den Mäusen, welche der Versuchsinfection erlagen, beständig das folgende: am Impforte zahlreiche und in kurzen Ketten erscheinende Streptococcen, paarweise und zerstreute Coccen; in der Milz und im Blut isolirte und gepaarte Coccen. Wenn jedoch der Tod mit etwas Verspätung eintrat, so waren im Blut und in den Exsudaten die Ketten vorwiegend.

b) Kaninchen. An diesen Thieren haben wir Inoculationen mit virulentem Material unter der Haut des Ohres, im subcutanen Gewebe des Rückens, des Bauches, im Peritoneum und im Blutkreislauf vorgenommen. Meist ergab sich eine heftige Allgemeinwirkung; manchmal, wenn abgeschwächte Culturen in Gebrauch genommen waren, locale Erscheinungen, welche langsam verschwanden.

Das frische Material (Blut, Pulpa der Milz und Exsudate, vom Pferde entnommen) rief durch subcutane Einführung immer Phänomene acutester Infection hervor. Oft, nach einer Erhöhung der Temperatur (40,5 — 41°) trat der Tod der Kaninchen ein, wenn noch nicht 24 Stunden von der erlittenen Inoculation ab verflossen waren.

In diesen Fällen gab sich nichts Bemerkenswerthes an den Impfstellen kund; dort machte sich hingegen, wenn der Tod später erfolgte, eine heftige Reaction bemerkbar, die von ausgedehntem Oedem und eiteriger Exsudation begleitet war.

In einem wie im anderen Falle zeigte sich die Milz bedeutend vergrössert, schwärzlich, mit weicher, zerfallender Pulpa, die Leber blutüberfüllt, mit Stellen oberflächlicher Nekrose, das Eingeweide diffus injicirt, oft Hyperämie und acutes Oedem, sowie Hämorrhagien an den Basen der Lungen. Durch aufeinanderfolgende Ueberpflanzungen konnte man das Impfmaterial ausserordentlich virulent gestalten, derart zwar, dass, um auch in grossen Kaninchen acuten Tod hervorzurufen, eine Menge genügte, die auf der äussersten Spitze einer ganz feinen Nadel Platz hat. Dies war besonders der Fall, wenn die fibrinös-eitrige Exsudation der Impfstellen Verwendung fand; der Succus splenicus und das Blut der in wenigen Stunden verschiedenen Thiere ergaben die Infection in anderen, mit geringerer Heftigkeit und erst bei grösseren Mengen. In der That erzeugte ein Platin-Schälchen mit Succus splenicus oder Blut den Tod der damit geimpften Kaninchen am 2., 3., 5., 6. und 7. Tage.

Die bacterioskopischen Resultate waren beständig gleiche: Coccen in grösster Menge in der localen Exsudation und zu

kleinen Ketten disponirt oder gepaart; im Blut und in der Milz zum grössten Theil paarweise.

Die mit dem pathologischen Material im Peritoneum (ein kleinstes Platinschälchen Exsudat in 1 ccm sterilisirten Wassers) eingeimpften Kaninchen starben schnellstens (in weniger als 24 Stunden oder kaum nach Verlauf derselben), diffuse fibrinös-eiterige Peritonitis und die bekannten Alterationen der Milz und der Leber, sowie blutüberfüllte Nieren darbietend. In diesen Fällen werden die Mikroorganismen auch sehr zahlreich im Blute angetroffen, zum grössten Theil zerstreut, nicht zusammengelagert.

Schneller Tod erfolgte auch mit den intravenösen Injectionen (ein kleines Platinschälchen Exsudat in 1 ccm sterilisirten Wassers), und ausser Congestion und punktförmigen Hämorrhagien in den Lungen und nekrotischen Stellen in der Leber, sowie bedeutendem Milztumor ergaben sich schmutzig-fettige Degeneration der Rindensubstanz der Nieren und Hyperämien der Pyramiden.

Die neuesten Bouillonculturen des Streptococcus riefen in den Kaninchen identische Phänomene und analoge Läsionen wie die oben beschriebenen hervor, auch wenn man Minimaldosen ($^1/_{20}$—$^1/_{10}$ ccm) zur Anwendung brachte. Hingegen widerstanden die Thiere den subcutanen Injectionen alter Culturen und boten selbe in diesen Fällen nur locale Erscheinungen dar. So boten in der That einige Kaninchen, unter der Haut des Ohres inoculirt, wie man dies für den Streptococcus der Erysipel macht, und zwar mit Culturen, welche 8—10 Tage bei 37° im Brutschrank gewesen waren, intensive Wärme, Schwellung und Röthung des Theiles dar, Phänomene, welche schnell erschienen und in ihrer Intensität durch 2 oder 3 Tage unter gleichzeitigem Ansteigen der Gesammt-Temperatur bestanden, um dann langsam zu verschwinden.

Bildung von Blasen kamen nicht zur Beobachtung, wohl aber einige kleine Eiterherde und bedeutende Erweiterung der Venen des Ohres. Die nicht neuen Culturen führten in beträchtlichen Dosen und mit grosser Verspätung den Tod der Kaninchen herbei.

Digitized by Google

c) Meerschweinchen. Diese Thiere bieten eine gewisse Widerstandskraft gegen die Wirkung des Streptococcus equi dar. Wenn man ihnen subcutan frisches virulentes Material in kleinster Menge (ein ganz winziges Schälchen Exsudat in 1 ccm sterilisirten Wassers) inoculirt, zeigt sich ein locales Oedem, welches schnell verschwindet; wenn man hingegen eine grössere Menge des Virus (zwei oder drei Platinschälchen) zur Verwendung bringt, bildet sich nicht selten ein Abscess, welches ansteigt und ulcerirt und einer bedeutenden Menge dünnflüssigen Eiter den Ausgang verschafft. Da wir Präparate mit dem Eiter in den ersten Tagen seiner Bildung gemacht hatten, haben wir spärliche isolirte Coccen und einige zwischen den Leukocyten constatirt; dieses Phänomen gibt sich zuletzt immer deutlicher kund. Der Mikroorganismus hat jedoch hiermit von seinen pathologischen Eigenschaften nichts eingebüsst, denn als wir eine ganz winzige Menge Eiter, sobald sich die Phagocytose in demselben manifestirt hatte, subcutan den Ratten einimpften, brachten wir in diesen die gewöhnlichen Alterationen hervor, welche dem Streptococcus, den wir im Blut und in den Eingeweiden wiederfanden, und der sich mächtig in den künstlichen Culturen entwickelte, zuzuschreiben sind. Nur haben wir eine gewisse Abschwächung in der Virulenz beobachtet; die Mäuse, mit dem Eiter von Meerschweinchen inoculirt, starben mit 3 oder 4 Tagen Verspätung im Vergleich zu den Controlthieren. Es scheint daher, dass der subcutan inoculirte Streptococcus equi im Meerschweinchen nicht den Allgemeinzustand beeinflusse, weil ihm die Leukocyten ein mächtiges Hindernis entgegenstellen, welche jedoch nicht derart ist, um in einem relativ beschränkten Zeitraum (5—6 Tage) den Verlust der Lebensfähigkeit und Virulenz des Mikroorganismus herbeizuführen. Activ zeigt sich hingegen der Streptococcus, wenn er in's Peritoneum eingeimpft wird.

In diesem Falle findet man Eingeweide-Verschlingungen mit fibrinösem Exsudat verklebt, die Milz ist ungeheuer vergrössert und schwärzlich, die Leber congestionirt. Im Blut, im Peritoneal-Exsudat und im Succus splenicus finden sich sehr zahlreiche Coccen vor.

Wenn man jedoch anstatt der Exsudate die reinen und neueren Culturen des Streptococcus verwendet, fehlen die obenbeschriebenen Läsionen und die Meerschweinchen erholen sich nach vorübergehendem Unwohlsein vollständig.

Nachdem wir gesehen, wie sich der Streptococcus equi in den verschiedenen Versuchsthieren äusserte, unternahmen wir einige Untersuchungen, um festzustellen, ob und in welcher Weise die Immunität gegen die von ihm bedingte Infection zu erlangen möglich ist. Wir haben sogar beobachtet, dass jene Kaninchen, die die unter der Haut des Ohres vorgenommene Injection abgeschwächter Bouillonculturen überstanden hatten, nur localisirte und vorübergehende Läsionen darbietend, bei nachfolgender Inoculation mit Blut oder Exsudat von ausgesprochener Virulenz (Control-Kaninchen wurden durch dieselben in 24—48 Stunden getödtet) ohne anscheinende Beschwerden widerstanden. Diese erworbene Immunität erwies sich jedoch als von kurzer Dauer. Thatsächlich erlagen die von uns in Verwendung genommenen vier Kaninchen, welche sich widerstandskräftig gegen die Einimpfung virulenten Materials 10 Tage nach Ueberwindung der ersten leichten Infection erwiesen hatten, einer zweiten, nach 35 Tagen vorgenommenen Probe. Sie starben zugleich mit den Controlthieren im Zeitraum von 48 Stunden und boten ausgedehntestes locales Oedem, beträchtlich geschwollene, schwärzliche, harte Milz und blutüberfüllte Leber und Nieren dar. Die bacterioskopischen Untersuchungen des Blutes, des localen Oedems und des Succus splenicus waren ergebnisreich.

Die Immunität ist daher nicht absolut und nicht von Dauer, da sie durch die Action eines Streptococcus von verschiedener Activität aufhören kann, was Marmorek[1]) auch beim Streptococcus pyogenes beobachtet hat. Dies wurde uns von neueren Experimenten bestätigt, mit denen wir die Kaninchen immun zu machen versuchten, indem wir ihnen zunächst minimale Mengen abgeschwächter Bouillonculturen von Streptococcus equi

1) Annales de l'Institut Pasteur, 1895.

($^1/_{20}$ ccm) und fortschreitend grössere Dosen (1, 2—3 ccm) einimpften, um dann nach und nach zu virulenten Culturen und zu pathologischen Producten überzugehen, in denen eine gewaltige Virulenz bestand. Auch im Verlauf dieser Experimente haben wir gesehen, dass eine Widerstandsgrenze seitens des thierischen Organismus existirte, und dass man nur mit einer langen und geduldigen Vorbereitung zum Ziele gelangen kann. Wenn die von uns verwendeten Kaninchen schliesslich relativ grosse Dosen virulenter Bouillonculturen (4—5 ccm) ertrugen, so erlagen sie jedoch und zuweilen mit einer Verspätung im Vergleich zu denen der Controle, bei der subcutanen Inoculation der pathologischen Producte, in denen das Virus in der höchsten Thätigkeit war. Die gleichen Resultate erhielten wir bei Befolgung der Roger'schen[1]) Methode, d. h. die Thiere mit subcutaner Injection von auf 120° gebrachten Bouillonculturen präparirend.

Einige Proben stellten wir an, um zu sehen, ob das Serum Marmorek's immunisirenden Einfluss gegen den Streptococcus equi entfalte und welche therapeutische Action ihm zukommt, wenn die Infection schon eingeleitet ist. Unsere Experimente sind jedoch beschränkt, da wir nur eine ganz geringe Menge Serum zu unserer Verfügung hatten, und darauf fussend, können wir augenblicklich nicht zu absoluten Schlüssen kommen.

1. Zwei Kaninchen im Gewicht von 250 bis 300 g erhalten unter der Haut in abwechselnden Tagen vier Injectionen Marmorek'schen Serums (jedesmal 1 ccm). Sie bieten ein leichtes locales Oedem dar. Subcutan, nach 2 Tagen von der letzten Präventiv-Injection, mit geringen Mengen ($^1/_{10}$ ccm) virulenter Cultur von Streptococcus equi inoculirt, überleben sie das Control-Kaninchen um 3 Tage Bei der Autopsie nichts Bemerkenswerthes, wenn man ein sehr ausgedehntes Oedem an der Impfstelle ausnimmt.

2. Zwei junge Kaninchen, im Gewicht von 200 bis 225 g, werden subcutan mit 1 ccm Marmorek'schen Serums und unmittelbar darauf mit $^1/_{20}$ ccm virulenter Cultur von Streptococcus equi inoculirt.

Sie starben 2 Tage nach dem Control-Kaninchen.

Auch sie bieten ausgedehntes gelatinöses Oedem an der Impfstelle dar.

1) Société de Biologie, 26 fevrier et 30 mars 1895.

Bei der Nekroskopie und dem bacterioskopischen Examen das gewöhnliche Ergebnis.

3. Zwei Kaninchen im Gewicht von 320 bis 350 g erleiden 2 Stunden nachdem sie mit virulenter Bouilloncultur ($^1/_{20}$ ccm) von Streptococcus inoculirt waren, an derselben Stelle eine Injection mit 1 ccm Marmorek'schen Serums. Sie sterben einen Tag nach dem Control-Kaninchen, die gewöhnlichen Eingeweide-Alterationen darbietend, — weniger ausgedehnt im Vergleich zu den anderen oben angeführten Kaninchen, macht sich das Oedem an der Inoculationsstelle bemerkbar. Die mikrobacterioskopische Untersuchung ergab sehr grosse Mengen von paarweise und in Ketten zusammengefügten Coccen im Blute, in den Eingeweiden und in der localen Läsion.

Das Serum Marmorek's hat somit eine verzögernde Wirkung gegen die Verbreitung des Streptococcus hergestellt und vielleicht drückt das locale Oedem den Widerstandsversuch von Seiten des Organismus aus.

Uebrigens haben wir beständig auf die Verminderung der Virulenz des Pilzes eine grössere Reaction im Innern der Impfstelle eintreten sehen.

III.

Zur Kenntnisnahme der biologischen Eigenschaften des Streptococcus equi trägt auch sein Verhalten gegenüber den physikalisch-chemischen Agentien bei. Und deshalb haben wir versucht, wie die Lebensverhältnisse dieses Pilzes durch die mehr oder minder langdauernde Berührung mit desinficirenden Substanzen, durch mehr oder minder lange Zeit fortgesetzte Austrocknung, durch Sonnenlicht, Temperatur-Erhöhung und Fäulnis modificirt werden.

a) Die desinficirenden Substanzen, deren Wirkung auf den Streptococcus wir studirt haben, waren die Salicylsäure in 3‰ Lösung, die Carbolsäure in 1—2%, das Lysol Nava in 2%, das Aetzsublimat in einfacher Lösung zu $^1/_2$‰ und mit Beifügung von 5‰ acidum chloridricum.

Für diese Untersuchungen verwendeten wir Stückchen von bei 160° trocken sterilisirter Seide, die 1 cm lang, $^1/_2$ cm breit und an einem ihrer Enden aufgefranst waren. Dieselben wurden mit dem Milzsaft einer weissen Maus oder eines Kaninchens

Digitized by Google

inficirt, die infolge subcutaner Inoculation sehr virulenten Materials (das zu solchem mittelst wiederholtem Passiren durch den animalen Organismus geworden) gestorben waren. Nachdem die Stückchen die gewollte Zeit hindurch mit dem Desinfectionsmittel in Berührung gewesen, wurden sie, wenn es sich um Carbolsäure, Salicylsäure oder Lysol handelte, in destillirtem oder sterilisirtem Wasser bewegt. Wenn es sich hingegen um Aetzsublimat handelte, wurde dieses neutralisirt, indem man dem Waschwasser einige Tropfen Schwefel-Ammoniums beifügte. Nachdem das Desinficirmittel in einer oder der anderen Weise eliminirt war, wurden die Stückchen in Tuben getaucht, die 10 ccm Nährbouillon enthielten, und die 4—5 Tage hindurch im Brutschrank bei einer Temperatur von 37° gehalten wurden. Wenn nach Ablauf der Zeit keinerlei Entwickelung in den Culturbouillons bemerkbar war, so wurde angenommen, dass der Streptococcus von der antiseptischen Substanz vernichtet sei. Da wir stets mit den grössten Vorsichtsmaassregeln arbeiteten, so hatten wir niemals Verunreinigungen durch fremde Pilze zu beklagen, derart, dass die Bouillons nach dem Aufenthalt im Thermostat entweder den charakteristischen Anblick der Streptococcus-Cultur darboten oder sich nicht im Mindesten veränderten. Ausserdem aber unterliessen wir der grösseren Sicherheit wegen und um einen Vergleichspunkt zu haben, nicht, jedesmal, wenn die Wirkung eines Desinfectionsmittels zum Versuch gestellt wurde, eine Control-Probe vorzunehmen, indem wir eines der inficirten Stückchen nach vorausgegangener ausgiebiger Waschung in destillirtem sterilisirten Wasser in eine Röhre mit Bouillon tauchten. Bei den Control-Culturen ergab sich immer typische Streptococcus-Entwickelung.

Die Temperatur der antiseptischen Lösungen und diejenige ihrer Umgebung schwankte während der Zeit der Versuche zwischen 18 und 22°.

Wir stellen in folgender Tabelle I die erhaltenen und wiederholt controlirten Resultate zusammen.

Tabelle I.

Natur und Name der Lösung	Dauer der Wirkung des Desinfectionsmittels									
	5′	10′	15′	20′	25′	30′	35′	40′	45′	60′
Salicylsäure-Lösung 3‰	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Carbolsäure-Lösung 1%	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
Carbolsäure-Lösung 2%	+	+	—	—	—	—				
Lysol-Lösung 2%	+	—	—	—	—	—				
Sublimat-Lösung ½‰	+	+	+	+	—	—				
Sublimat-Lösung ½‰ Acid. clorid 5‰	—	—	—	—	—	—				

Das Zeichen + bedeutet, dass Entwickelung in den Bouillons stattfand, das Zeichen — hingegen, dass keine Entwickelung stattfand.

b) Um die Widerstandskraft des Streptococcus equi gegen die Austrocknung zu studiren, haben wir gleichermaassen Seidenstückchen verwendet, sterilisirt, ähnlichen denen, welche wir bei den vorausgegangenen Experimenten verwendeten, und mit dem Saft der Milz einer weissen Maus (die am dritten Tage zufolge der subcutanen Inoculation localen Exsudates einer anderen Maus verendet war) inficirt. Sie wurden in sterilisirte Petri-Schalen gebracht und diese ihrerseits in einen Scheibler-schen Exsiccator mit Schwefelsäure, der während der ganzen Untersuchungsdauer in einem Wandschrank, ausserhalb der Licht-Einwirkung gehalten wurde. Die Zimmertemperatur schwankte während der langen Beobachtungsdauer (2½ Monate) zwischen 15 und 27°. Die Lebensfähigkeit und Virulenz des Mikro-organismus in den diversen Perioden der Austrocknung wurden studirt, indem ein kleines Stückchen Seide in ein Röhrchen Nähr-bouillon versenkt, ein anderes kleines Stückchen aber subcutan dem für die Infection sensiblen Thiere (Maus, Kaninchen) in-oculirt wurde. Zuweilen wurden in die Thiere auch die auf den eingetauchten Stückchen zur Entwickelung gelangten Culturen injicirt.

Die erhaltenen Resultate waren die folgenden: Charakte-ristische Entwickelung in Bouillon von 37° im Zeitraum von 24 Stunden, nach 7, 14, 21 Tagen der Austrocknung, langsamer

Digitized by Google

und weniger gewaltig nach 28, 45, 60 und schliesslich nach 75 Tagen. Die mit Seide inoculirten Mäuse erlagen nach 7, 14, 21 Tagen der Austrocknung; der Streptococcus verlor jedoch nach dem 28. Tage an Wirksamkeit gegenüber der Maus, während er selbe hingegen für das Kaninchen bewahrte und dies sogar noch nach 2 Monaten der Austrocknung. Nach Verlauf dieser Zeit waren die von der ($2\frac{1}{2}$ Monate) ausgetrockneten Seide entwickelten Culturen noch wirksam gegenüber dem Kaninchen, selbst bei subcutaner Inoculation.

Legen wir hier mit etlichen Details die vorgenommenen Experimente klar, dabei bemerkend, dass wir zu allen Control-Proben ausführten, indem wir Thiere mit Milzsaft von Mäusen inficirten, welcher nahezu gleiche Virulenz mit dem ersten, zur Infection der Seidenstückchen verwendeten Material hatte.

1. Austrocknung von 7 Tagen. Probethiere: 2 Mäuse. Controlthier: 1 Maus. Tod nach 48 Stunden, sowohl bei den Probethieren, als bei demjenigen der Controle. Anatomische Läsionen in den Versuchsthieren: Locale Oedem und Exsudat, Milz leicht vergrössert. Bacterioskopisches Examen: Zahlreiche Coccen, vereinzelt und in Ketten, im localen Exsudat, spärlich im Blut und im Succus splenicus. Anatomische Läsionen im Controlthier: Milz voluminös, diffuser Catarrh der Eingeweide, ausgebreitetes Exsudat an der Impfstelle. Bacterioskopische Untersuchung: Coccen im Blut, Diplococcen in der Milz, Ketten in den Impfstellen.

Seidenculturen: Ergebnisreich und mit mächtiger, schneller Entwickelung.

2. Austrocknung von 14 Tagen. Probe- und Controlthiere: Mäuse. Fast gleichzeitiger Tod der einen wie der anderen. Anatomische Läsionen: Sehr voluminöse Milz mit Hämorrhagien, Exsudat und Oedem local. Bacterioskopische Untersuchung: Sehr zahlreiche vereinzelte und paarweise Coccen im Blut und in der Milz, kurze Ketten im localen Exsudat.

Seidenculturen: Erfolgreich.

3. Austrocknung von 21 Tagen. Versuchs- und Controlthiere: Mäuse. Die ersten sterben am 4. Tage, die zweiten am 3. Tage. Anatomische Läsionen und bacteriologische Ergebnisse wie gewöhnlich.

Seidenculturen: Erfolgreich und mit schneller Entwickelung.

4. Austrocknung von 28 Tagen. Versuchs- und Controlthiere: Mäuse. Die ersten überleben, die zweiten sterben am 3. Tage.

Seidenculturen: Erfolgreich, obwohl mit etwas verspäteter Entwickelung.

5. Austrocknung von 45 Tagen. Versuchs- und Controlthiere: Kaninchen und Ratten. Die Versuchsratten überleben, die Controlratten sterben

am 3. Tage; die Versuchskaninchen erliegen am 5. Tage, diejenigen der Controle in weniger als 48 Stunden. Anatomische Läsionen der Kaninchen: Begrenztes locales Exsudat, schwarze voluminöse Milz. Bacterioskopisches Examen: Wenige Coccen im Exsudat und in der Milz.

Seidenculturen: Erfolgreich, mächtig, ein wenig verspätet zur Entwickelung gelangend. In diesen Culturen gewinnt der Pilz seine ganze ursprüngliche Virulenz zurück. In der That tödten dieselben in kleinen Dosen die Kaninchen, purulentes locales Exsudat, voluminöse Milz und blutüberfüllte Leber und Nieren herbeiführend.

6. Austrocknung von 60 Tagen. Versuchs- und Controlthiere: Kaninchen. Die Versuchskaninchen sterben am 6. bis 7. Tage, diejenigen der Controle am 2. Tage. Anatomische Läsionen der Versuchsthiere wie gewöhnlich. Bacterioskopisches Ergebnis: Spärliche Coccen im Blut, in den Eingeweiden und in den Impfstellen.

Seidenculturen: Erfolgreich, langsame, aber mächtige Entwickelung. Der Mikroorganismus erwirbt in ihnen derart seine Virulenz zurück, dass er den Tod der Kaninchen in Zeit von 48 Stunden hervorruft.

7. Austrocknung von 75 Tagen. Die cultivirte Seide ergibt langsame, aber genügend kräftige Entwickelung. Die derart erhaltene Cultur ruft den Tod zweier Kaninchen am 3. Tage hervor. Anatomische Läsionen: Milz und Leber voluminös, begrenzte locale Exsudation. In dieser, im Blut und im Succus splenicus trifft man spärliche Coccen.

c) Wir haben die Wirkung hoher Temperaturen auf den Streptococcus equi studirt, wobei wir die gewöhnlichen Seidenstückchen, inficirt mit dem Milzsaft von Ratten, verwendeten. Dieselben wurden in Eprouvetten von gleichem Caliber und mit dem gleichen Inhalt von genau 10 ccm Nährbouillon versenkt, welche in ein Doppelkochgefäss mit Wasser gestellt waren, das man schon im Voraus auf die in den verschiedenen Versuchen gewollte Temperatur von 60, 80, 100° gebracht hatte. Ein genaues und sensibles Thermometer in einer Eprouvette, die ebenfalls 10 ccm Bouillon enthielt und mit den anderen in das Kochgefäss versenkt war, zeigte uns den Augenblick an, in dem die Temperatur der Bouillon diejenige des Wassers erreichte. Im Verlauf der Untersuchung wurden die Eprouvetten nach und nach aus dem Bade gezogen und, unter einem kleinen Wasserstrahl abgekühlt, waren sie in den Thermostat mit 37° gebracht. In der folgenden Tabelle II legen wir die erzielten Resultate vor; mit dem Zeichen + wird die positive

Entwickelung der Culturen angedeutet, mit dem Zeichen — die Nichtentwickelung.

Tabelle II.

Temperaturgrad	Dauer der Temperatur-Einwirkung						
	5′	10′	15′	20′	30′	45′	60′
60°	+	+	+	+	+	+	+
80°	+	+					
100°	—	—					

Wenn jedoch die etwas erhöhten Temperaturen die Lebensfähigkeit des Streptococcus nicht zerstören, so schwächen sie ihn wenigstens in seiner Virulenz ab. In der That überlebten die mit der durch 1 Stunde auf 60° erhaltenen Seide inoculirten Ratten und ebenso überstanden jene, bei denen man die Inoculation mit einem durch 10 Minuten 60° ausgesetzten Material vorgenommen hatte.

Die Abschwächung theilt sich auch den toxischen Producten des Mikroorganismus mit. Diese führen zu keinerlei Läsion mehr, wenn man sie für eine gewisse Zeit bei 100° erhalten hat. Wir haben dies experimentirt, indem wir ausserordentlich virulente Bouillonculturen des Streptococcus 5 Minuten lang kochen liessen.

d) Einen ausgesprochenen Einfluss haben wir die Wirkung des Sonnenlichtes auf die Biologie und Virulenz des Streptococcus equi nehmen sehen. Wir haben locales Exsudat von am dritten Tage verendeten Mäusen, in feinster Schicht auf winzigen Seidenfleckchen, die dann in sterile Petri-Schalen verschlossen wurden, ausgebreitet, dem Sonnenlichte ausgesetzt. Während der Versuchsstunden schwankte die Temperatur in der Sonne zwischen 40 und 45°. Eine um die andere Stunde schnitt man mit sterilisirten Scheeren ein kleines Stückchen Seide ab; ein Theil wurde in Bouillon cultivirt, der andere den Mäusen unter die Haut inoculirt. In der ersten und zweiten Stunde war in der Entwickelung des Streptococcus, in Cultur und in seiner Wirkung auf die Thiere wenig Unterschied im Vergleich zu den Controlthieren, bei denen ein ausserhalb des Lichteinflusses

Digitized by Google

gehaltenes Stückchen Seide verwendet worden war, bemerkbar. Aber von der dritten Stunde ab ward die Entwickelung der Culturen langsamer und schwächer und der Tod der Thiere trat im Vergleich zu den Controlthieren mit 1 bis 2 Tagen Verzögerung ein. Diese wurde später noch immer offenkundiger, so dass nach achtstündiger Einwirkung der Sonnenstrahlen der Streptococcus, der wohl noch Culturentwickelung, aber nur spärlich und spät gegeben hatte, den Mäusen gegenüber unwirksam wurde.

e) Die Fäulnisprocesse zerstören die Virulenz des Streptococcus equi. Wir haben dies erkannt, indem wir zu subcutanen Inoculationen Milz und Eingeweide von acut verstorbenen und secirten Thieren verwendeten, als die Verwesung bereits im Gange war. Schon zu Anfang derselben sah man die Virulenz des Streptococcus sich vermindern, die dann nach und nach bis zum völligen Verschwinden sank.

IV.

Der von uns aus den krankhaften Producten des Pferdes isolirte Mikroorganismus ähnelt nach morphologischen und biologischen Eigenschaften dem von Schütz, Poels und Nocard beschriebenen. Wir haben ihn leicht in den Nährmitteln cultiviren können, was Schütz nicht gelungen war, und wir haben festgestellt, dass er sich sehr wirksam gegen das Kaninchen und zuweilen auch gegen Meerschweinchen zeigt, wohingegen Nocard bestätigt, dass dies gewöhnlich nicht vorkomme. Man muss jedoch erwägen, dass der Streptococcus, den wir studirten, in seinen fortgesetzten Wanderungen durch den Organismus der Laboratoriumsthiere Gelegenheit fand, die ursprüngliche und bedeutende Virulenz, die sich in den klinischen und pathologischen Befunde der befallenen Pferde gezeigt hatte, zu verstärken. Als er künstlich abgeschwächt wurde (einige Tage im Thermostat bei 37° erhaltene Culturen), sahen wir ihn nur noch local und in vorübergehender Weise wirken und dann, nur in bemerkenswerther Menge, Phänomene allgemeiner Infection ergeben. Dieses Sichmodificiren der pathogenen Action ist, wie bei anderen

Digitized by Google

Bacterien, ausser an die Abschwächung auch für den Streptococcus equi an die Pforte seines Eintritts in den animalen Organismus gebunden. Und wir sahen z. B. die Inoculation unter der Haut des Ohres von abgeschwächten Culturen im Kaninchen mit erysipelatoiden Erscheinungen verlaufen und andere Male im selben Thiere und in Meerschweinchen mehr oder minder ausgedehnte Abscesse herbeiführen; die Einimpfung im Peritoneum, fibrinöse Exsudation und nachfolgende Septicämie provociren im Säftestrom vielfältige Eingeweide-Läsionen mit congestivem und hämorrhagischem Charakter. Diese verschiedenen Bilder lassen keine genaue Grenze zwischen der Wirkungsweise des Streptococcus equi und des Streptococcus pyogenes im thierischen Organismus. Auch dieser kann, wie Marmorek[1]) gezeigt hat und wie wir uns in eigener Erfahrung überzeugen konnten, zu derartigen Graden von Virulenz geführt werden, dass dieselben nach und nach, unter Rücksicht auch auf die Eintrittspforte, im Abscess, der Erysipel, der fibrinösen Exsudation, der heftigen Infection und der schnell verlaufenden Septicämie verlaufen. Wenn wir nun beobachten, unter welchen verschiedenen Formen sich die Gourme bei den Pferden äussert und ihre verschiedenen klinischen Bilder studiren, erkennen wir, dass bei dieser Krankheit locale oder diffuse Eiterungen, erysipelöse Entzündungen der Haut und des subcutanen Gewebes der Kopfregionen, eiternde Exsudate im Peritoneum, in den Gelenken, Periostitis (Knochenhautentzündung) und Caries der Knochen etc. und ausserdem lobulare und lobare Pneumonien, Pleuritis, Pericarditis, Peritonitis, Arthriten, Meningitis etc. angetroffen werden können. Und nicht abweichende und multiple Läsionen kann der Streptococcus pyogenes im Menschen gleichfalls bieten; vom Abscess zur acutesten Form der Septicämie ist es eine lange Serie anatomischer Läsionen, deren Entwickelung die stufenweise Virulenz des Mikroorganismus erzeugen kann.

Wenn wir dann, unter Lostrennung von den klinischen Bildern und pathologischen Alterationen, den Streptococcus

1) Annales de l'Institut Pasteur, 1895.

Digitized by Google

equi in seiner bacteriologischen Gesammtheit studiren, sehen wir, dass er vom Streptococcus pyogenes absolut nicht unterschieden werden kann. Die Form, die Art der Kettenbildung, die Entwickelungsweise in den künstlichen Mitteln stellen beiden Mikroorganismen gemeinsame Charaktere dar, die in beiden nur entsprechend der Zusammensetzung des Culturmittels und gemäss dem Grade der Virulenz variiren.

Jene Modificationen, welche Marmorek beim Studium verschiedener Varietäten von Streptococcen beobachtete und zufolge deren Constanz er geglaubt hat, einen einzigen Typus zu erkennen, gelten auch für den Streptococcus equi. Auf dieselben nehmen viele Factoren, die Natur und Verhältnisse des Mittels, in dem der Mikrobus wächst, Einfluss, was schon Vidal und Besançon[1]) gezeigt haben.

Die Kennzeichen, welche v. Lingelsheim[2]), Behring[3]), Marot[4]) als typisch zur Unterscheidung der verschiedenen Streptococcen festgestellt haben (kurze oder lange Ketten, Culturverschiedenheiten in der Bouillon, Verschiedenheiten im Aussehen der Kartoffelculturen), können nicht als Differenzirungsbasis des Streptococcus equi von den anderen, ihm verwandten, genommen werden. Auf die Art und Weise, wie sich dieser Mikroorganismus gegenüber dem Marmorek'schen Serum benimmt, führt uns zu der Annahme, dass er keine Individualität für sich darstellt. Wenn es auch nur wenige Experimente sind, die wir unter diesem Gesichtspunkte anstellten, so haben uns dieselben doch gezeigt, dass das Serum den inoculirten Thieren einen gewissen Grad von Widerstandskraft verleiht.

Wie der Streptococcus pyogenes, so hat sich auch der Streptococcus equi widerstandsfähig gegen den Einfluss der chemisch-physikalischen Agentien gezeigt.

Nach dem allgemeinen Ergebnis unserer Beobachtungen sind wir gleichwohl zur Ueberzeugung gekommen, dass der Mikro-

1) Archives de médecine expérimentale, 1896.
2) Zeitschrift für Hygiene, Bd. X, 1892.
3) Centralblatt für Bacteriologie, Bd. XII, 1892.
4) Archives de médicine expérimentale, 1893.

Digitized by Google

organismus, der die Ursache der Gourme der Pferde bildet, nur der Streptococcus pyogenes sei. In der Geschichte dieser Krankheit selbst findet sich eine klinische und pathologische Thatsache, welche unsere Annahme stützt.

In den Büchern über Thierheilkunde befindet sich die Beschreibung einer Form von Gourme traumatica, welche nicht selten dem Operationsacte der Castration folgt. Zufolge der während der Operation beobachteten geringen antiseptischen Rücksichten und der durch manche Empiriker noch stattfindenden Auflegen von Erde oder Anderem auf die Wunde, setzt sich in der Region des Samenstranges ein Eiterungsprocess fest, der sich dann immer weiter ausdehnt.

Welche Differenz können wir hierin und in jenen schweren Eiterungen finden, die einst in der praktischen Chirurgie beim Menschen so häufig waren und die Operationsacte begleiteten?

Verbreitet wie der Streptococcus pyogenes in der äusseren Umgebung ist, kann er in den Ställen leicht die Bedingungen finden, um verschiedene Grade von Virulenz anzunehmen und in den Pferden jene verschiedenen Läsionen festzusetzen, welche den vielfältigen klinischen und anatomisch-pathologischen Anblick der Gourme bilden.

Digitized by Google

Eine colorimetrische Methode zur Bestimmung der Phosphorsäure im Wasser.

Von

Dr. **Adolf Jolles,**

Docent am k. k. Technologischen Gewerbemuseum in Wien.

(Aus dem chemisch-mikroskopischen Laboratorium von Dr. Max und Dr. Adolf Jolles in Wien.)

In allen Fällen, wo eine directe Infectionsgefahr durch die bacteriologische Untersuchung ausgeschlossen ist, entscheidet über die Güte eines Wassers nach wie vor die chemische Analyse. Sie gibt uns Aufschluss über den Gehalt des Wassers an organischen Substanzen und deren Fäulnisproducten, über den Härtegrad des Wassers, sie gibt Anhaltspunkte über seine Herkunft, weist den Unterschied nach, welcher zwischen der Zusammensetzung des reinen und jener des verunreinigten Trinkwassers besteht etc. Allerdings darf die Beurtheilung der chemischen Zusammensetzung des Wassers nicht an bestimmte Grenzzahlen gebunden werden, sondern die Resultate müssen individuell beurtheilt werden, was bekanntlich eine genaue Kenntnis der Oertlichkeit nach den verschiedensten Richtungen hin, sowie der geologischen Beschaffenheit jener Erdschichten, durch die das Wasser strömt, voraussetzt.

Wissen wir doch, dass selbst das so gefürchtete Ammoniak, welches lange Zeit als sicheres Symptom einer Verunreinigung des Wassers gegolten hat, sich auch in reinen resp. genussfähigen Wässern, namentlich in eisenhaltigen Tiefbrunnen findet.

Digitized by Google

Die chemischen Untersuchungsergebnisse haben eben vor Allem den Charakter von Indicatoren, welche uns gewissermaassen einen Fingerzeig geben, dem eventuellen Ueberschreiten der localen Grenzzahlen in einem oder mehreren Punkten oder der eventuellen Anwesenheit von Substanzen, die in reinen Wässern in der Regel nicht vorkommen, auf die Spur zu kommen und die Ursache in unzweideutiger Weise festzustellen. Von diesem Standpunkte aus ist auch die qualitative und quantitative Bestimmung der Phosphorsäure im Wasser als ein beachtenswerther Indicator anzusehen, da ein vermehrter Phosphorsäuregehalt unter Umständen als ein Symptom zur Erkennung von Wässern betrachtet werden kann, welche vom hygienischen Standpunkte nicht die genügende Reinheit besitzen. Letztere Thatsache hat seit den klassischen Arbeiten Kossel's und seiner Schüler sicherlich noch an Bedeutung gewonnen, da wir jetzt bestimmt wissen, dass die Hauptmassen der Zellen nicht aus Eiweissstoffen im gewöhnlichen Sinne, sondern aus sehr phosphorreichen Nucleoproteiden bestehen und dass daher bei dem Zerfall menschlicher und thierischer Abfallstoffe nicht ausschliesslich N-haltige, sondern unter Umständen auch P-haltige Substanzen entstehen und in's Wasser gelangen können Die stiefmütterliche Behandlung, welche die Phosphorsäurebestimmung im Wasser bisher erfahren hat, ist wohl in erster Linie auf die complicirte und zeitraubende Methodik zurückzuführen; denn als die zuverlässigste quantitative Methode zur Bestimmung der Phosphorsäure im Wasser wird die Abscheidung aus dem in geeigneter Weise concentrirten, mit Salpetersäure versetzten Wasser als phosphormolybdänsaures Ammoniak und Ueberführen des Niederschlages in bekannter Weise in Magnesiumpyrophosphat angesehen.

Die in den meisten Handbüchern der Hygiene angegebene Methode, zur Phosphorsäurebestimmung im Wasser zwei oder mehr Liter auf ein kleines Volumen einzudampfen und darin die Phosphorsäure gewichtsanalytisch zu bestimmen, ist insoferne nicht ganz correct, als die Gegenwart von organischen Substanzen die Ausfällung des Ammoniumphosphormolybdats mehr oder

weniger hindert, was übrigens auch in dem Handbuche von Tiemann-Gärtner, IV. Auflage, S. 233 mit Recht hervorgehoben wird. Um zu zeigen, dass dieser Einfluss durchaus nicht so gering ist, wie vielfach angenommen wird, erlaube ich mir nachstehend je fünf Phosphorsäurebestimmungen bekanntzugeben, die ich nach beiden Methoden in fünf verschiedenen, an organischen Substanzen reichen Wasserproben durchgeführt habe. Bei der Analysenreihe I wurden je 3 l Wasser auf ein kleines Volumen eingedampft und in dem auf ca. 30—40 ccm concentrirten, mit Salpetersäure versetzten Wasser die Phosphorsäure als phosphormolybdänsaures Ammoniak abgeschieden etc.

Bei II wurden je 3 l Wasser mit Salpetersäure stark angesäuert und auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft. Der Rückstand wurde mit Salpetersäure aufgenommen, zur Trockne eingedampft und schliesslich der Rückstand in 10 ccm verdünnter Salpetersäure gelöst und die Phosphorsäure in bekannter Weise bestimmt.

Es resultiren folgende Zahlen:

Tabelle I

	I mg P_2O_5 im Liter	II mg P_2O_5 im Liter	Differenz in % Phosphorsäure
Brunnenwasser 1	6,0	8,1	26%
» 2 . . .	0,97	1,2	19%
» 3	1,7	2,6	34%
» 4	5,2	7,2	28%
» 5	7,9	11,5	31%

Diese Ergebnisse bestätigen somit den hohen störenden Einfluss der organischen Substanzen im Wasser und machen das Eindampfen der auf Phosphorsäure zu untersuchenden Wasserprobe zur Trockne und wiederholtes Aufnehmen des Rückstandes mit Salpetersäure zur Grundbedingung.

Selbstverständlich wird durch diesen Vorgang die Zeitdauer der gewichtsanalytischen Phosphorsäurebestimmung im Wasser erheblich erweitert.

Digitized by Google

Was nun die Finkener'sche Methode (Ber. d. deutschen chem. Gesellschaft, 1878, II, 1638) betrifft, die dahin geht, die Phosphorsäure direct als Ammoniumphosphormolybdat zu wägen, so ist zu berücksichtigen, dass dieser Niederschlag nach verschiedenen Autoren eine verschiedene Zusammensetzung hat, und dass sich namentlich die Angaben bezüglich der Veränderungen des Niederschlages beim Erwärmen sehr verschieden gestalten, — so dass die Resultate dieser Methode keine zuverlässigen sind.

Auch colorimetrische Bestimmungen der Phosphorsäure mit Ammonmolybdat sind vorgeschlagen worden und zwar von Nördlinger (Pharm. Centralhalle, 35, 170) und von Lepierre (Bull. Soc. Chim., 15, 1213—14), doch haben dieselben den Nachtheil, dass sie nicht empfindlich genug und überdies schwer zu differenziren sind, weil bei denselben die Färbungen schon nach kurzer Zeit Trübungen zeigen, die die Beobachtung sehr erschweren, und weil ferner eine Erhöhung der Temperatur, mit welcher die Farbenintensität und damit die Empfindlichkeit der Methode zunehmen soll, den Eintritt der Trübung beschleunigt. Ich erlaube mir nun zur quantitativen Phosphorsäurebestimmung im Wasser eine einfache und für hygienische Zwecke genügend zuverlässige Methode in Vorschlag zu bringen, welche ich kürzlich im Verein mit meinem Assistenten Herrn Dr. F. Neurath in den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften (Bd. CVII, Abth. IIb, Januar 1898) publicirt habe. Diese Methode beruht auf den gelben Färbungen, welche bei geringen Mengen von phosphorsauren Salzen mit Kaliummolybdat entstehen, welche Färbungen mit der Temperatur an Intensität zunehmen und bei ca. 80° C. das Maximum erreichen. Die Methode ist ausserordentlich empfindlich und lässt in einer Flüssigkeitsmenge von 20 ccm noch 0,000025 g P_2O_5 in der Kälte und 0,0000025 g P_2O_5 in der Wärme erkennen. Zur Ausführung der colorimetrischen Bestimmung der Phosphorsäure geht man am Besten in der Weise vor, dass man von der zu untersuchenden farblosen Flüssigkeit 20 ccm in ein Reagensglas bringt und mit Lösungen, deren Phosphorsäuregehalt in 20 ccm

bekannt ist, vergleicht, nachdem man die gleiche Menge Reagens zugesetzt und gleichmässig auf ca. 80° C. erwärmt hat. Diese Methode gestattet genaue Differenzirungen zwischen 0,001, 0,00075, 0,0005, 0,00025, 0,0001, 0,00075, 0,0005, 0,000025, 0,00001, 0,0000075, 0,000005 und 0,0000025.

Enthält die Lösung mehr als 0,001 g P_2O_5 in 20 ccm, dann tritt nach kurzem Stehen eine Trübung ein, so dass für Phosphorsäuremengen von über 0,001 g P_2O_5 in 20 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit die Methode nicht mehr oder erst nach entsprechender Verdünnung verwendbar ist. Mit Rücksicht darauf, dass die Methode nur zur Bestimmung so geringer Phosphorsäuremengen dienen soll, deren gewichtsanalytische Bestimmung sehr zeitraubend und nicht einwandfrei erscheint, glauben wir, die Methode zur Bestimmung von Phosphorsäuremengen unter 0,001 g P_2O_5 als eine schnell ausführbare und genügend zuverlässige Methode empfehlen zu können.

Was die allgemeine Ausführung dieser Methode betrifft, bedienen wir uns einer salpetersauren Lösung von reinstem Kaliummolybdat (bezogen von E. Merck in Darmstadt), hergestellt durch Auflösen von 8 g des Salzes in 50 ccm Wasser und Vermischen dieser Lösung mit 50 ccm einer chemisch reinen Salpetersäure von 1,2 spec. Gewicht; 100 ccm dieser Lösung sind nothwendig für 0,1 g P_2O_5, so dass für Mengen unter 0,001 g 1 ccm des Reagens genügt. Die auf P_2O_5 zu prüfenden Lösungen müssen farblos und klar sein. Die zu prüfende Flüssigkeit wird in einem Reagensgläschen auf 20 ccm gefällt, 1 ccm des Reagens zugefügt und auf ca. 80° erwärmt. In gleichen Gläschen desselben Querschnittes wurden je 20 ccm einer Natriumphosphatlösung, deren Gehalt an P_2O_5 aufeinanderfolgend beträgt: 0,001, 0,00075, 0,0005 etc. mit je 1 ccm der Lösung versetzt und zugleich in einem für die gleichzeitige Erwärmung einer Reihe von Reagensgläsern geeigneten Wasserbade auf ca. 80° erwärmt und dann die zu untersuchende Flüssigkeit mit den Vergleichslösungen der Reihenfolge nach verglichen. Aus der Vergleichung resultirt leicht, ob die Farbennuance vollkommen mit einer der Gläschen über-

einstimmt, oder ob dieselbe, im Falle sie zwischen zwei aufeinanderfolgende Färbungen zu liegen kommt, der einen oder der anderen näher oder ungefähr in der Mitte liegt. Man ist nach dieser Methode im Stande, den Phosphorsäuregehalt innerhalb der erwähnten Grenzen mit ziemlicher Genauigkeit festzustellen.

Um die Brauchbarkeit der Methode festzustellen, haben wir von einer Lösung mit phosphorsaurem Natron, deren Gehalt an P_2O_5 gewichtsanalytisch bestimmt wurde, wechselnde Mengen zu destillirtem Wasser hinzugesetzt und den Gehalt an P_2O_5 colorimetrisch bestimmt. Von unseren zahlreichen Versuchen erlauben wir uns einige Beleganalysen bekannt zu geben.

Tabelle II.

Vorhanden P_2O_5 in Gramm	Gefunden P_2O_5 in Gramm	Differenz in Gramm
0,001	0,001	0
0,00 085	zwischen 0,001 und 0,00 075, näher zu 0,00 075 0,000 812	0,000 038
0,00 061	zwischen 0,00 075 u. 0,0 005, in der Mitte 0,000 625	0,000 015
0,0 005	0,0 005	0
0,0 004	zwischen 0,0 005 und 0,00 025, näher zu 0,0 005 0,000 439	0,000 037
0,0 003	zwischen 0,0 005 und 0,00 025, näher zu 0,00 025 0,000 312	0,000 012
0,00 022	0,00 025	0,00 003
0,00 016	zwischen 0,00 025 und 0,0 001, näher zu 0,0 001 0,000 138	0,000 022
0,0 001	0,0 001	0
0,00 006	zwischen 0,000 075 und 0,00 005; 0,0000 625	0,0000 025

Bei der Prüfung der colorimetrischen Methode zur Bestimmung der Phosphorsäure in Trinkwässern zeigte sich, dass die Gegenwart der Kieselsäure erhebliche Fehlerquellen zur Folge hat, indem das Kaliummolybdat mit der Kieselsäure bei Gegenwart von freier Salpetersäure eigenthümliche gelbgefärbte Verbindungen von complicirter Constitution, ähnlich denen mit

Phosphorsäure und Arsensäure gibt. Man muss daher vor der Phosphorsäurebestimmung die Kieselsäure im Wasser vollkommen entfernen. Zu diesem Zwecke wird ½ l bis 1 l Wasser in einer Platinschale zur Trockne eingedampft, der Rückstand mit Salpetersäure versetzt, wieder eingedampft, hierauf wird der Rückstand bei ca. 130° C. scharf getrocknet, dann mit verdünnter Salpetersäure behandelt zur Trockne eingedampft, eine salpetersauere Lösung des Verdampfungsrückstandes hergestellt und filtrirt. Durch dieses Verfahren wird die Kieselsäure vollständig als unlösliche Kieselsäure abgeschieden. Enthält die zu untersuchende Wasserprobe nur wenig Kieselsäure, dann wird das Filtrat auf 20 ccm aufgefüllt und der Gehalt an Phosphorsäure, wie angegeben, colorimetrisch bestimmt. Durch Multiplication des erhaltenen Resultates mit zwei erhält man den Phosphorsäuregehalt in Gramm pro Liter. Bei kieselsäurereichen Wässern empfiehlt es sich, das Filtrat sammt Waschwässer auf 50 ccm aufzufüllen, davon werden 20 ccm zur Phosphorsäurebestimmung entnommen und das Resultat mit fünf multiplicirt.

Herstellung der Vergleichslösungen.

Man geht von dem frisch umkrystallisirten phosphorsauren Natron von der Zusammensetzung $Na_2HPO_4 + 12$ Ag aus — das vortheilhaft vorher auf seine Reinheit zu prüfen ist — und stellt sich durch Auflösen von 53,23 g dieses Salzes im Liter destillirten Wassers eine Lösung von 1% P_2O_5 her (Lösung A). Um nun eine Reihe von Vergleichslösungen und zwar 0,001, 0,00075, 0,0005, 0,00025, 0,0001, 0,000075, 0,00005, 0,000025, 0,00001, 0,0000075, 0,000005 und 0,0000025% P_2O_5 zu erhalten, macht man sich aus dieser Grundlösung die entsprechend verdünnten Vergleichslösungen, die für längere Zeit verwendbar sind:

10 ccm der Lösung A auf 100 ccm aufgefüllt = 0,1% P_2O_5 (Lösung B)

10 » » » B » 100 » » = 0,01% P_2O_5 (Lösung C)

10 ccm der Lösung C auf 100 ccm aufgefüllt = 0,001 % P_2O_5 (Lösung D)

10 » » » D » 100 » » = 0,0001 % P_2O_5 (Lösung E).

10	ccm	der Lösung	C	= 0,001	% P_2O_5
7,5	»	»	C	= 0,00075	» »
5	»	»	C	= 0,0005	» »
2,5	»	»	C	= 0,00025	» »
10	»	»	D	= 0,0001	» »
7,5	»	»	D	= 0,000075	» »
5	»	»	D	= 0,00005	» »
2,5	»	»	D	= 0,000025	» »
10	»	»	E	= 0,00001	» »
7,5	»	»	E	= 0,0000075	» »
5	»	»	E	= 0,000005	» »
2,5	»	»	E	= 0,0000025	» »

Herstellung des Reagens.

8 g reinstes molybdänsaures Kalium werden in 50 ccm destillirten Wassers gelöst und 50 ccm einer absolut chemisch reinen, vollkommen farblosen Salpetersäure von 1,2 spec. Gewichte hinzugefügt, die Mischung eventuell filtrirt. Sie stellt eine fast farblose Flüssigkeit mit einem Stich in's Gelbe dar, welcher Ton bei der 20fachen Verdünnung (1 ccm des Reagens aufgefüllt auf 20 ccm einer farblosen Flüssigkeit) absolut nicht wahrnehmbar ist.

Wenngleich die angegebene colorimetrische Phosphorsäurebestimmung nicht den Charakter einer exacten quantitativen Methode besitzt, so dürfte dieselbe doch für hygienische Zwecke genügende Zuverlässigkeit besitzen, wie dies aus nachstehenden Beleganalysen hervorgeht.

Tabelle III.

Bezeichnung der Wasserprobe	Je 1 l Wasser wurde zur Trockne eingedampft, die Kieselsäure vollkommen abgeschieden und in der salpetersauren Lösung des Rückstandes die Phosphorsäure colorimetrisch bestimmt	Je 3 l Wasser wurden eingedampft u. der Phosphorsäuregehalt im Rückstande gewichtsanalytisch bestimmt	Differenz in % P_2O_5
	mg P_2O_5 pro Liter	mg P_2O_5 pro Liter	
Brunnenwasser I	8,65	8,1	+ 6,8%
» II	1,25	1,2	+ 4,1 »
» III	2,9	2,6	+ 11,8 »
» IV	2,3	2,1	+ 9,6 »
» V	13,19	11,5	+ 11,7 »
Teichwasser . .	7,94	7,2	+ 10,4 »

Zur Kenntnis der Wirkung von Kresolen bei deren Verwendung zur Desinfection.

Von

Dr. **C. B. Schürmayer,**

Hannover.

Die bekannten Schwankungen der Desinfectionskraft chemischer Mittel, je nachdem eiweissfreie, bzw. eiweisshaltige Medien vorliegen, traten auch in den Versuchen mit Kresol-Raschig hervor[1]). Und zwar zeigten alle zum Vergleiche herangezogenen Präparate, wie erstgenanntes, nämlich Kresolum pur liq. Nördlinger, Solveol, Seifenkresol-Lösung, hauptsächlich aber Phenol, eine bessere Wirkung auf eiweisshaltige Nährmedien mit Bacterien, als auf wässerige Aufgüsse derselben.

Wenn auch neuere, ganz anderen Reihen angehörige Präparate in letzterer Zeit hervortraten, erscheint ein Beitrag zur Lösung der Kresolwirkungsfrage in dieser Hinsicht nicht überflüssig. Denn über theoretische Speculation Hinausgehendes ist in Bezug auf Erklärung der genannten fundamentalen Dinge nicht vorhanden, obwohl dieses Thema als »abgeschlossen« gilt.

Ueber den Vorgang der Beeinflussung eiweisshaltiger Nährböden sind wir über ein Desinficiens noch relativ am besten unterrichtet, nämlich über Sublimat. Das Eiweiss bindet eine gewisse Menge hiervon, es entsteht Quecksilber-Albuminat und eine beträchtliche Menge des Desinficiens wird unwirksam.

1) C. B. **Schürmayer**, Bact. Untersuchungen über ein neues Desinficiens Kresol-Raschig. Archiv f. Hygiene, Bd. XXV, Heft 4, S. 328–360.

Daher wäre hieraus zu schliessen, dass im »Gebundenwerden« hier das Wesentliche liege; da dasselbe bei Kresolen nicht vorkomme, erstrecke sich auch in eiweisshaltigen Flüssigkeiten die Beeinflussung weiter, im Gegensatze zum Sublimat.

Um diese Verhältnisse zu verfolgen, wurde zu eiweisshaltigen Lösungen in Parallel-Versuchen einmal Sublimat, dann die genannten Kresole, bzw. Phenol gebracht. Chemische Reagenzmittel dienten dazu, die Anwesenheit, bzw. das Verschwinden der Desinficientien anzuzeigen.

I. Experimentelle Versuche über „Desinficiens-Eiweissverbindung".

a) Versuche mit nichtorganischem („todtem") Eiweiss.

Als Object diente concentrirte wässerige Eiweisslösung mit einem Gehalt von ca. 12,3% Eiweissstoffen neben 82—88% Wasser (Lehmann). Die filtrirte klare Lösung war bequemer zu beschaffen und im Gehalte sicher constanter als Blutserum, Eiweissharn, eiweisshaltige Bouillon etc. Sicher fielen Beimischungen von grösseren Salzmengen, welche auf Farbenreactionen Einfluss haben konnten, hier ganz weg.

Für Sublimatlösungen wissen wir, dass eine Zugabe von wässeriger Jodkali-Lösung purpurrothe Farbe erzeugt. Die Feinheit dieses Indicators ergab sich als $\frac{1}{1280}$ Sublimat-Lösung, d. h. wenn in 1 ccm entsprechend verdünnter Sublimat-Lösung ein Tropfen Reagens zugegeben wurde, trat eben noch eine citronengelbe Verfärbung ein, welche auf Schütteln verschwand. Mittelst Jodkali-Reaction wurden folgende Mischungen geprüft:

a) x proc. wässerige Sublimatlösung als Maassstab,

b) x proc. wässerige Sublimatlösung, enthaltend y Theile concentrirter Eiweisslösung.

Für wässerige Sublimatlösungen konnten bei Einwirkung auf genannte Einweisslösungen folgende Thatsachen festgesetzt werden: (Vgl. Tabelle I.)

1. Die grössere Menge Sublimat ist an die ausgefällte, mittelst Centrifugirung zu trennende Eiweissmasse gebunden.

Digitized by Google

2. Das restirende Sediment gibt nach Abguss der darüberstehenden Flüssigkeit und Herstellung gleicher Volumen durch Wasserzusatz eine stärkere Farbenreaction.
3. Für den Bodensatz ist jedoch die Grenze der Leistungsfähigkeit jener Farbenreaction $\frac{1}{768}$, d. h. 1 Sublimat: 768 concentrirte Einweisslösung gegen $\frac{1}{1280}$, d. h. 1 Sublimat auf 1280 destillirtes Wasser. Hieraus geht hervor:
4. Ein Theil des Sublimats wird so fest an das Eiweiss gebunden, dass derselbe aus der Albuminatverbindung mit den sonst wirksamen Mitteln nicht abzuspalten ist. Nachdem dieses feststand, wurden Kresol- bzw. Phenol-Lösungen in derselben Weise untersucht; zur Trennung des Sediments diente ebenfalls Centrifugiren oder auch Filtration einer Hälfte (Lösung minus Eiweissverbindung), während mit der andern, an Volum gleichgemachten Hälfte (Lösung plus gleichvertheilter Niederschlag) ebenfalls die Reaction vollzogen wurde. Controlversuche in Parallele stellten fest, ob durch Filtration der Kresolgehalt überhaupt sich verringere etc.

Als Reagens diente 1 proc. wässerige Eisenchlorid-Lösung, dessen Feinheit je nach dem Präparat bis gegen 0,0001 Theile (der Original-Lösung des betreffenden Desinficiens) ging, wo es sich um wässerige Lösung (ohne Eiweiss) handelte. (Tabelle IVc.)

Es ergab sich: (Tabelle II.)

1. Bei Zugabe entsprechend starker Eiweisslösungen zu Phenol, bzw. Kresolen, tritt eine der für Sublimat festgestellten entsprechenden Eiweissverbindungen als Sediment auf, die eine stärkere Farbenreaction abgibt.
2. Die Bildung der Kresol- bzw. Phenol-Eiweissverbindung vollzieht sich im Vergleich zur Quecksilber-Albuminat-Verbindung nur ganz langsam, je nach dem Stärkegrad der Desinficienslösung in Stunden und Tagen. (Tab. III.)

(Fortsetzung des Textes S. 38.)

Tabelle I. **Jodkali-Reaction auf Sublimat.**

a) 1. Sublimat: n Theile Wasser. b) 1. Sublimat: n Theile conc. Eiweisslösung.

(Auf 1 ccm je 1 Tropfen 10proc. Jodkali-Lösung.)

Concentr. $^1/_{16}$	$^1/_{32}$	$^1/_{48}$	$^1/_{64}$	Conc. Eiweisslösg. 1 Eiweiss 10 Wasser	$^1/_{32}$	$^1/_{48}$	$^1/_{64}$
Zinnoberroth	Zinnoberroth mit gelbem Stich	Ziegelroth	Ziegelroth	Keine Verfärbung	Zinnoberroth m. gelb. Stich, opalescirend	Ziegelroth mit gelbem Stich	Gelbroth
$^1/_{200}$	$^1/_{300}$	$^1/_{400}$	$^1/_{1000}$	$^1/_{80}$	$^1/_{160}$	$^1/_{320}$	$^1/_{1000}$
Ziegelrothgelb auf 3 Tr. und Schütteln farblos	Gelbl. ziegelroth, auf 3 Tr. und Schütteln farblos	Stark gelb-ziegelroth	Gelblich, dann etwas röthlich, 2 Tr. gelb, 3 Tr. klar	Stark gelbl. m. röthlich. Stich, auf Schütteln sofort farblos	Dasselbe	Orange, rasch schwindend	Andeutung von gelb, rasch in klar umschlagend

c) Einfluss der Filtration bei Eiweissgehalt.

(1 Tropfen Reagens auf 1 ccm) (1. Sublimat auf n Eiweisslösung.)

1 : 400		1 : 512		1 : 640		1 : 800	
unfiltrirt	filtrirt	unfiltrirt	filtrirt	unfiltrirt	filtrirt	unfiltrirt	filtrirt
Gelbe Zone, scharf gegen die allgemeine Trübung abgesetzt	In der wasserklaren Flüssigkeit gleichmässiger gelbrother Schein, der rasch verschwindet	Jeweils Schütteln: 1 Tr. gelb-gelbroth, 2 Tr. Uebergang in Röthlich, 3 Tr. Färbung verschwunden	1 Tr. röthlicher Schimmer der wasserklaren Flüssigkeit, 2 Tr. wasserklar	1 Tr. fällt zu Boden, unten klare Zone, darüber gelb. Reif, scharf gegen d. obere Trübung abgesetzt	1 Tr. (mehrmalige Vornahme der Reaction!), gelber Schimmer, sofort scheinend, od. keine Verfärbg.	Gelblicher, scharf abgesetzter Reif	Auf 1—3 Tr. keine Verfärbung, wasserklar

Digitized by Google

a) Wässerige Lösung. b) Eiweisshaltig.

2,5 proc. Desinficiens.

Präparat	Aussehen vor Zusatz d. Reagens unfiltrirt	Aussehen vor Zusatz d. Reagens filtrirt	Reactions-Erscheinung nach Zusatz d. Reag. unfiltrirt	Reactions-Erscheinung nach Zusatz d. Reag. filtrirt	Bemerkungen
Kresol Raschig	Braunroth, stark opal getrübt	—	Braunblau, etwas dunkler	—	Auf 1 ccm Mischungsflüssigkeit kommt 1 Tr. 1 proc. Eisenchloridlösung, hernach 1 ganzer Cubikcentim. Reagens. Auf letzteres Verhältnis beziehen sich die Angaben.
	—	Gelblich, heller	—	Gelblich-blau, heller	
Solveol (mit 1 Tropfen)	Hellgelb, etwas getrübt	—	Burgunder-roth	—	
	—	Hellgelb, etwas getrübt	—	Burgunder-roth	
Kresolum purum liq. Nördlinger	Klar	—	Klar, grün	—	
	—	Klar	—	Klar, grün	
Phenol	Klar	—	Klar, violett	—	
	—	Klar	—	Klar, violett	

Folgerung: 1. Filtration hat auf eiweissfreie Lösungen keinen nennenswerthen Unterschied.

Präparat	Aussehen vor Zusatz d. Reagens unfiltrirt	Aussehen vor Zusatz d. Reagens filtrirt	Reactions-Erscheinung nach Zusatz d. Reag. unfiltrirt	Reactions-Erscheinung nach Zusatz d. Reag. filtrirt	Bemerkungen
Kresol Raschig	Getrübt, röthlich-braun	—	Bläulich-gelb	—	Dasselbe wie drüben!
	—	Hell-röthlich, gelbbraun	—	Graugelb	
Solveol (mit 1 Tropfen)	Hellgelb, durch-sichtig	—	Hell, Burgunder-roth	—	Solveol filtrirt am schnellsten!
	—	Hellgelb	—	Hell, Burgunder	
Kresolum purum liq. Nördlinger	Anfangs wenig, nach 5 Min. milchig trübe	—	Tief blaugrün	—	
	—	Opales-cirend	—	Hellgrün	
Phenol	Langsam eintretende Trübung	—	Tief violett	—	
	—	Opales-cirend	—	Leicht violett	

Folgerung: 1. Die Filtration lässt in eiweisshaltigen Lösungen Unterschiede hervortreten; das Filtrat gibt im allgemeinen hellere Farbentöne.

Gesammtfolgerung: 2,5 proc. eiweissfreie Filtrate geben gesättigtere Farben als 2,5 proc. eiweisshaltige Filtrate.

Tabelle III. Ablauf der Eiweissbindung (todtes Eiweiss).

a) 2,5proc. Phenol. b) 2,5proc. Kresolum purum liq. Nördlinger.

Festgestellt aus dem Verhalten des Filtrats gegen Eisenchloridreaction

Sofort	1 Min.	5 Min.	12 Min.	Sofort	2 Min.	5 Min.	12 Min.
Filtrat wasserklar, wird blau dann grün	Detto Hellblau, rasch in Grün übergehend	Detto Andeutung v. Blau, sofort in Grau umgeschlagen	Detto Schwach rothviolett, bald mehr röthlich	Filtrat klar, wird blau, dann blassgrün	Detto Blau, dann dunkelgrün	Detto Blau, dann dunkelgrün	Detto Momentan blau, sofort grün
20 Min.	6 Stunden	2 × 24 Stunden unfiltrirt	2 × 24 Stunden filtrirt	20 Min.	20 Min.	20 Min.	Controle 20 Min.
Filtrat krystallhell, 1—3 Tr. violett, das bis ää zunimmt	Detto	Hat völlig abgesetzt, aufgeschüttelt 1 ccm R. = schön violett	Klar, Andeutung v. violettroth, bei 3 Tr. wieder klar	Krystallhell, 1 ccm 1 Tr., keine R	Krystallhell, 1 ccm 1—3 Tr., keine R.	Krystallhell, 1 ccm 1 Tr., bis aa keine Reaction	Unfiltrirt, tiefe Färbung

c) 2,5proc. Solveol.

NB. Die Farbenproben werden jeweils zu 1 ccm auf 1 l Wasser verdünnt, um Farbenunterschiede sichtbar zu machen.

Sofort	5 Min.	10 Min.	15 Min.	20 Stunden unfiltrirt	20 Stunden filtrirt	24 Stunden	48 Stunden
Burgunderroth	Gelblich, etwas opal, rothgelb	Wasserhell, etwas gelblich, röthlich	Detto	Gelblich schimmernd, burgunderroth	Gelbl., Anflug v. violett, geht in rothgelb über	Detto	Detto

Folgerung: Nach 2 Tagen ist der Bindungsprocess noch nicht vollzogen.

Tabelle IV. **Reactionsfähigkeit der Kresole.**

a) Brom-Wasser-Reaction. b) Anilin-Natrium-Hypochlorid-Reaction (nach Jaquemin).

In wässeriger Lösung, unter dem Einflusse des »aufschliessenden Mediums«

Reaction mit 5 Tr. 1 ccm vollzogen	5% Kresolg. 0,025	5% : 500 0,00 005	5% 1000 0,000 025	5% : 1500 0,000 016	Bemerkung	Reaction 1 ccm 1—5 Tr	5% (0,025)	5% : 500 (0,00 005)	5% : 1000 (0,000 025)	5% : 1500 (0,000 016)	Bemerkung
Kresol Raschig	+ Röthlich, milchig getrübt	+ Andeutung	0	0	Für Kresol Raschig stört d. Seifengeh. das Sichtbarwerden d. Reactionsfarbe	Kresol Raschig	+ Grünblau	+ Rothviolett	+ Rothviol. b. dunkelviol.	+ Tief rothviolett	Unverdünnt
											Verd. (1 : 30)
Kres. pur. liq. Nördlinger Solveol (25% Kresole)	Kresolg. 0,0125, röthlich	0,000 025 + Grünlich	0,0000 125 0	0,000 008 0		Kres. pur. liq. Nördlinger Solveol	0,0 125 Grünschw., schön blau	0,000 025) Rothviolett rothviolett	0,0000 125) Rothviolett dunkelviol.	0,000 008) Tief rothviol., rothviolett	Unverdünnt
											Verd. (1:1000)
	+ Gelbgrün	? Gelblich	0	0			Tief violett bis tief blau	Rothviolett bis bläulich	Rothviolett bis heller	Röthlich violett	Unverdünnt
											Verd. (1 : 30)
Phenol	Kres. Phen. Geh 0,04	0,00 009 Orange	0,000 045 0	0,0000304 0		Phenol	Braungrün, schön blau	Rothviolett rothlich-violett	Röthlich	Röthlich	Unverdünnt
	Bräunlich ?	?									Verd. (1 : 30)

c) Eisenchlorid-Reaction.

NB. Auch bei Eiweissgehalt brauchbar.

1 ccm : 1—5 Tr.	5% (0,025)	5% : 500 (0,00 005)	5% : 1000 (0,000 025)		5% (0,04)	5% : 500 (0,0009)	5% : 1000 (0,000 045)
Kresol Raschig	Blauschwarz +	Bläulichschwarz +	0	Kres. pur. liq. Nördlinger	Schwarzviolett +	Gelblichviolett +	0
Solveol	1 Tr. Tief rothviolett + + +	Tief violett, gesättigt + + +	Tiefer Stich in's Violette + + +	Phenol	Violett +	Violetter Schein	0

Die einzelnen Präparate weisen wieder Abweichungen auf, wie man schon äusserlich aus dem Uebergang milchiger Trübung in flockige Sedimentbildung erkennen kann.

Im selben Maasse, als sich Flocken bilden, gibt das Filtrat eine schwächere, unter Umständen gar keine Reaction mehr. Dies wurde in fortgeführten Untersuchungen (10 zu 10 Minuten, 6 zu 6 Stunden, 24 zu 24 Stunden) verfolgt.

Eine empirisch entsprechend abgestufte Mischung von Eiweisslösung mit Kres. pur. liq. Nördlinger liess im Filtrate schon nach ½ Stunde das Auftreten einer Eisenchlorid-Reaction vermissen; Phenol unter ganz denselben Verhältnissen erst nach Ablauf von 2 × 24 Stunden. (Tabelle III.)

Auf Solveol wird später zurückzukommen sein.

b) Versuche mit „organischem Eiweiss“[1]).

Bacterienculturen von eiweissfreiem Nährböden wurden in Wasser vertheilt und im Brutschrank so lange gehalten, bis Trübung (ohne Kammhautbildung) entstand. Nach tüchtigem Umschütteln kam ein entsprechendes Quantum von Desinficiens hinzu, so dass schwächere Concentrationsgrade entstanden, die gerade an der Wirkungsgrenze standen (0,5 — 0,25 % Mischung bzw. Stärkegrad der Desinficiens-Lösung). Die verkorkten Versuchskolben standen auch hier bei Zimmertemperatur; auf 2 ccm Flüssigkeit, gleichviel ob filtrirt oder unfiltrirt, kamen 2 bis 4 Tropfen bis 2 ccm Reagens.

Direct nach Zusatz des Desinficiens zum Eiweiss trat keine Veränderung auf; einentheils persistirte der typische unangenehme Geruch der Aufschwemmung der Bacterien (Staphylococcen, Pyocyaneus etc.), andererseits trat im Filtrate, wie in nichtfiltrirten Proben ganz typische Eisenchlorid-Reaction ein.

Es bestanden demnach Spaltpilze und Desinficientien theilweise völlig selbständig neben einander.

Nach einigen Tagen jedoch zeigten sich die beschriebenen Differenzen zwischen »filtrirt« und »unfiltrirt«: das Fehlen einer

[1]) Eiweiss = Protoplasma als »pars pro toto«.

Reaction des Filtrats liess sich für Kres. pur. liq. Nördlinger am 8. Tage feststellen, für Phenol vom 12. Tage ab.

Mit Zunahme der Disinficienswirkung ging ein vermindertes Bacterien-Wachsthum auf Nährböden einher, um später in's Gegentheil (völlige Kresolbindung?) umzuschlagen, falls sehr schwache Lösungen dem Versuche dienten. Folgerung:

1. Auch auf organisirtes Plasma wirken Phenole und Kresole durch Eingehung einer organischen, chemischen Verbindung.
2. In letzterer kann unter Umständen alles Eiweiss aufgehen, bzw. alles Kresol verschwinden.
3. Das »active Zelleiweiss« (Protoplasma) setzt dem Zustandekommen der chemischen Verbindung einen sichtlichen Widerstand entgegen.

II. Chemische Reaction und physiologische Giftwirkung der Phenole, bzw. Kresole.

Wenn wir die Farbenreactionen (vgl. Tabelle IV) der verschiedenen oben genannten Präparate betrachten, welche jene bei Anstellung einer Prüfung auf Kresol- bzw. Phenolgehalt abgeben, so fällt Folgendes auf:

Jedes der Präparate, Kresol-Raschig, Solveol, Kres. pur. liq. Nördlinger, Seifenkresol und Phenol, weist eine ihm eigene, aber constant wiederkehrende Nuancirung auf. Der Seifengehalt (Kresol-Raschig), der Gehalt an Seife und Verunreinigungen (Seifenkresol) können bei schwächerer Concentration dieses Desinficiens das Auftreten einer Verfärbung verdecken, Solveol, Kres. pur. liq. Nördlinger und Phenol aber geben eine solche auch dann ab, bis die untere Grenze der Feinheit einer Methode erreicht wird.

Unter den drei letztgenannten Desinfectionsmitteln fiel bei Solveol die Farbenreaction am intensivsten aus, so dass eventuell eine Verdünnung von 2 ccm tief kirschrother Reactionsmischung auf 1 l Wasser nöthig war, um denselben Grad der Transparenz, wie ihn die anderen Präparate enthielten, herzustellen.

Während für die anderen Präparate die Grenze der Eisenchlorid-Reaction für wässerige Lösungen, welche hier allein in Betracht kommen, bei 0,001 Desinficiens lag, fiel sie für 0,000025 Solveol noch sehr gut positiv aus.

Für die feinere Jaquemin'sche Reaction (vgl. Tabelle IV) verschob sich genannte Grenze nach 0,00001 mit eben noch erkennbarer Verfärbung; Solveol gab ein tiefes Dunkelroth-Violett.

Auf den Kresolgehalt berechnet, zeigte demnach die Jaquemin'sche Probe an:

Kresol	Raschig	(50%)	Kresole	0,000 005	eben noch Verfärbung.
»	Nördlinger	90 »	Orthokresol	0,000 009	
Phenol		90 »		0,000 009	

Dagegen:

Solveol auch für selbst 27% Kresole = 0,0000 027 tiefste Verfärbung, welche auf 1000 Theile Wasser verdünnt, etwa denselben Transparenzgrad erhält.

Nun wirkte aber Solveol in unseren Versuchsreihen, wie auch seitens Schütz bestätigt wurde, am schwächsten desinficirend und stand sogar hinter Phenol zurück.

Andererseits hatten die Kresole des Solveols auf Mäuse dieselbe, ja etwas gesteigerte Giftwirkung, wie diejenigen der anderen Desinficientien.

Es tödteten nämlich bei subcutaner Injection unfehlbar:

Im Kresol	Raschig	ein Kresolgehalt	von	0,000 625,
» »	Nördlinger	»	»	0,000 779,
» Phenol		»	»	0,000 779,
» Solveol		»	»	0,0 005.

Hieraus folgt:

1. Chemische Reaction auf Kresolgehalt und physiologische Giftwirkung (Desinfection) gehen nicht bei allen Kresolpräparaten parallel.
2. Das Solveol, das schlechtestwirkende Desinfectionspräparat unserer Versuchsreihen, gibt die beste chemische Farbenreaction trotz gleicher Giftwirkung auf höhere Zellen.

Digitized by Google

3. Hieraus folgt weiter, dass sowohl innere (in der Natur der »Aufschliessung« der Kresole gelegene), als auch äussere (in der Natur des zu beeinflussenden Mediums gelegene) Umstände die Wirkung eines Desinficiens bestimmen.

Schlussfolgerungen.

Wie wir sahen, liegt das Wesen der Desinfectionswirkung der Phenole, bzw. Kresole im Zustandekommen einer chemischen Verbindung zwischen jenen und dem Substrate. Diese Verbindung tritt in todten Substraten relativ rascher ein als bei Einwirkung der Desinficientien auf lebende einzellige Wesen. Auch hier ist es eben, wie ich vor Jahren für Protozoen und junge Larven von Wasserthieren zeigte, der Stoffwechsel der Zellen bzw. der Chemismus desselben, der bis zu einem gewissen Grade das Zustandekommen einer chemischen Verbindung hintanhalten kann. Ja, innerhalb gewisser Grenzen wirkt das Desinficiens als Reiz derart, dass in der Folge höhere Concentrationen, die früher unbedingt tödlich waren, schadlos ertragen werden.

Geht aber die Reizstärke (d. i. »Concentrationsgrad«) über eine gewisse Grenze hinaus, dann tritt auch hier die Eiweiss-Desinficiensverbindung sofort ein, die je nach den verwendeten Kresolmengen bis zur Vernichtung alles lebenden (und todten) Eiweisses führen können.

In welchem Grade nun ein Kresolpräparat seine Wirkung entfaltet, hängt von der Labilität seiner Atomgruppen ab, welche wiederum bedingt wird von der Natur des »aufschliessenden Mittels« bzw. der Labilität der Kresol-Moleküle im betreffenden fertigen Präparate.

Mit dem Alter der einzelnen Desinficientien kommt es in der Stammlösung selbst zu Aenderungen der molekularen Lagerung unter Auftreten von Niederschlägen und Verfärbungen.

Das sonst durchsichtige Solveol wird lehmfarben, schlecht oder kaum löslich; das wasserklare Kres. pur. liq. Nördlinger nimmt die für Phenol bekannte Braunfärbung an und gibt

undurchsichtige, schlechter herstellbare Mischungen. Die einzelnen Präparate haben eine verschiedene Affinität zu anderen Stoffen und Elementen, zu lebendem und todtem Eiweiss; man kann und darf daher weder aus dem Ergebnis einer chemischen Reaction auf die physiologische Wirkung, noch aus dem Desinfectionswerth in einem Substrate schlechtweg auf den in einem zweiten Medium zu erwartenden schliessen.

Aber es sind auch die für eine Bacterienform (Art) gewonnenen Resultate nicht ohne Weiteres auf andere Spaltpilzgruppen zu übertragen oder gar zu verallgemeinern.

Die Wirkungsweise der Phenole bzw. Kresole auf lebendes, todtes Eiweiss (bzw. Protoplasma) ist eine rein chemische; reicht der Gehalt an Desinficiens aus, so entsteht eine feste Verbindung (Kresoleiweiss bzw. Phenoleiweiss) unter dem Bilde der Eiweissfällung; in schwächeren Lösungen können Phenol und Eiweiss neben einander bestehen. Es bedarf also die von Hoppe-Seyler und Zapalsky vertretene Ansicht, es handle sich bei der Phenolwirkung auf Eiweisskörper und Leim um reine Wasserentziehung, einer Einschränkung.

Andererseits findet die Ansicht Behring's eine Bestätigung, dass die Desinficientien sowohl auf die Mikroorganismen selbst, als auch eventuell vorzüglich auf das sie enthaltene Substrat wirken. Auf diese Weise werden Verhältnisse geschaffen, »welche mit dem Ablaufe der Lebensäusserungen der Mikroorganismen unvereinbar sind«.

Schliesslich muss man annehmen, dass sowohl die Anschauung Pasteur's, als die letzterer entgegengesetzte Hoppe-Seyler's richtig ist; indem sowohl die lebenden Zellen, als deren Ausscheidungsproducte (Fermente Hoppe-Seyler's, actives Eiweiss Hueppe), ebenso wie vorhandenes todtes Eiweiss in einer chemischen Desinficiens-Eiweissverbindung vorübergehend oder dauernd festgelegt werden können.

Digitized by Google

Ueber die

bacterienschädigenden Einwirkungen der Metalle.

Von

Dr. phil. **Hermann Thiele** und Dr. med. **Kurt Wolf**.

(Aus der Königl. Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege zu Dresden.)

(Mit 1 Tafel.)

Nachdem zuerst Miller die Beobachtung gemacht hatte, dass Goldplättchen, wie sie zur Füllung kariöser Zähne verwendet werden, keimtödtende Eigenschaften besitzen, wurde diese merkwürdige Thatsache von Behring[1]) bestätigt und dahin weiter ausgeführt, dass auch andere Schwermetalle, vor allen Silber und Quecksilber, ebenso zu wirken im Stande sind.

Seitdem haben sich nur sehr wenige Beobachter mit diesem Gegenstande beschäftigt, so dass Flügge in seinen »Mikroorganismen« nur diese beiden Arbeiten erwähnt. Erst in neuester Zeit hat Credé[2]) dadurch, dass er das metallische Silber und andere Silberpräparate in die chirurgische Desinfectionspraxis einführte, wieder die allgemeine Aufmerksamkeit auf dieses merkwürdige Verhalten mancher Metalle gelenkt.

Wenn wir uns nun zunächst die in den vorstehend erwähnten Abhandlungen niedergelegten Resultate etwas genauer ansehen, so fand Miller, dass etliche als Zahnfüllungen verwendete Goldpräparate in hohem Maasse bacterientödtend wirken,

1) Behring, Ueber Desinfection. Desinfectionsmittel und Desinfectionsmethoden. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. IX, 1892.

2) Credé und Beyer, Silber und Silbersalze als Antiseptika. Leipzig, Vogel, 1896.

andere hingegen waren, ohne dass hierfür irgend ein zureichender Grund hätte nachgewiesen werden können, gänzlich indifferent; sogenanntes Zinngold übte sehr viel geringere Wirkung aus, als Gold allein, wie auch Zinn und Platin vollkommen wirkungslos waren. Bemerkenswerth ist die Erscheinung, dass alle Goldpräparate diese ihre Wirkung sofort einbüssten, sobald sie geglüht wurden.

Behring kam zu den gleichen Resultaten mit den ihm von Miller zugesandten Goldpräparaten. Er untersuchte aber noch eine Reihe anderer Metalle und fand Blattgold und Quecksilber, in geringem Grade auch Kupfer, Nickel und Zink wirksam, unwirksam Zinn, Blei und Eisen. Er machte ferner die Beobachtung, dass nicht alle Bacterien sich in gleicher Weise denselben Metallstückchen gegenüber verhielten, sondern dass der sich um das Plättchen bildende wachsthumsfreie Hof bei der einen Bacterienart grösser als bei einer anderen war, während wieder andere Arten, z. B. Rotz- und Typhusbacillen, wenigstens durch Gold überhaupt nicht beeinflusst wurden.

Während nun Miller der Ansicht zuneigt, dass die antiseptischen Eigenschaften der Metalle durch Luftsauerstoff, der sich auf der Oberfläche derselben verdichtet, zu Stande kämen, erklärt sich Behring den Vorgang so, dass durch die Stoffwechselproducte der Bacterien minimale Mengen von Metall im Nährboden gelöst und dadurch antiseptisch wirksam würden.

Beyer hat sich nur mit dem Studium der keimtödtenden Wirkung des Silbers gegenüber von Staphylococcen, Streptococcen und Milzbrandbacillen beschäftigt. Er bestätigt im grossen und ganzen die Behring'schen Resultate, nur erklärt er sie etwas anders. Nach ihm kommt die keimtödtende Wirkung des Silbers dadurch zu Stande, dass die Bacterien ganz im Beginn ihres Wachsthums Säure bilden, und zwar Milchsäure. Diese letztere bringt Silber in Lösung, und das milchsaure Silber nun soll weiterhin mit den Eiweisskörpern der Nährböden lösliche Verbindungen eingehen, welche keimtödtend wirken. Zum Zustandekommen der Desinfectionswirkung gehört also erstens Bacterienwachsthum und zweitens eine, wenn auch noch so

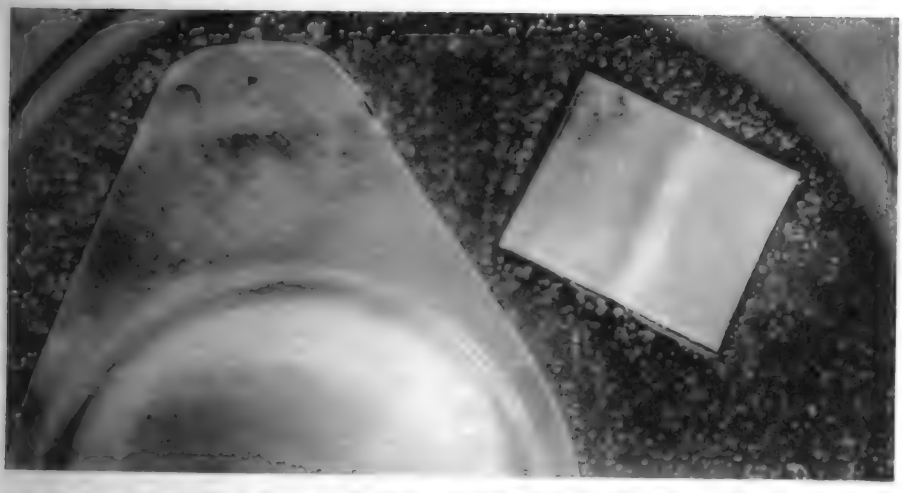


Fig. 1. Silberblech Merck und Platintiegeldeckel. Staphylococcen. Agar-Agar. Der Hof um das Blech ist sehr schmal. Platin zeigt keine Einwirkung. Vergross. ca. $1^1/_2$ fach.

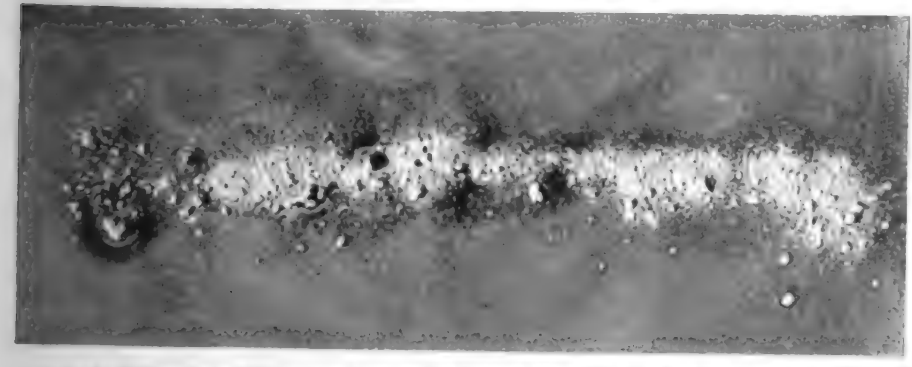


Fig. 2. Silberpulver c. Cholera. Agar-Agar. Nur an einzelnen Stellen ein kleiner Hof. Vergross. ca. $1^1/_2$ fach.

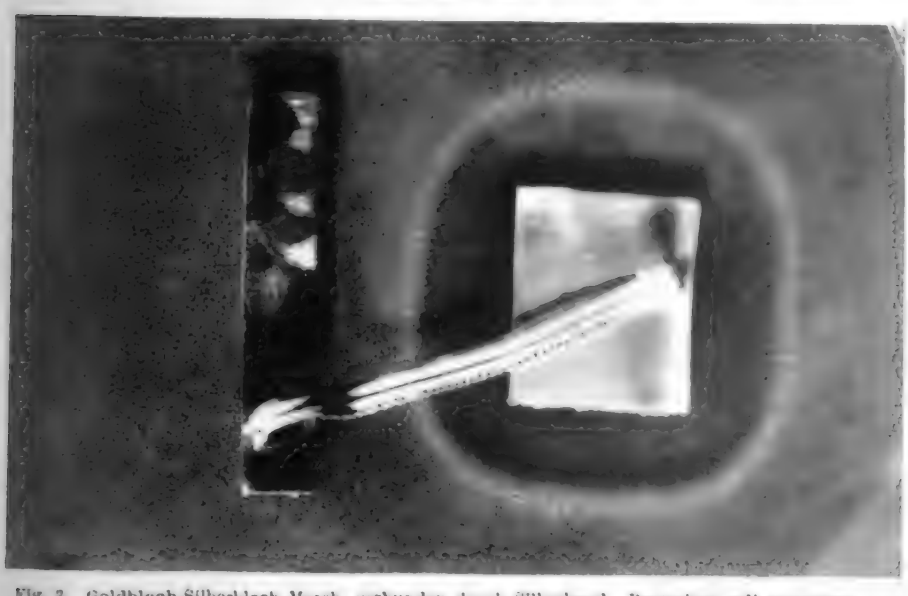


Fig. 3. Goldblech-Silberblech Merck, verbunden durch Silberband. Bacterium coli commune. Agar-Agar. Am Silberblech breiter Hof. Vergross. ca. $1^1/_2$ fach.

Digitized by Google

Fig. 4. Silberpulver c, gemischt mit Thierkohle Merck. Cholera-Agar-Agar. Grosser Hof. Vergröss. ca. $1^1/_2$fach.

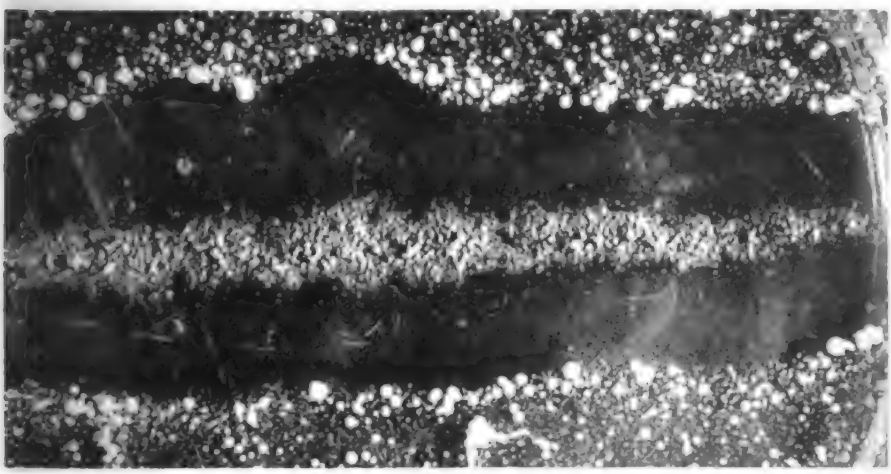


Fig. 5. Silberpulver c, gemischt mit Palladiumpulver (Heraeus). Staphylococcen. Agar-Agar. Sehr breiter Hof. Vergröss. ca. $1^1/_2$fach.

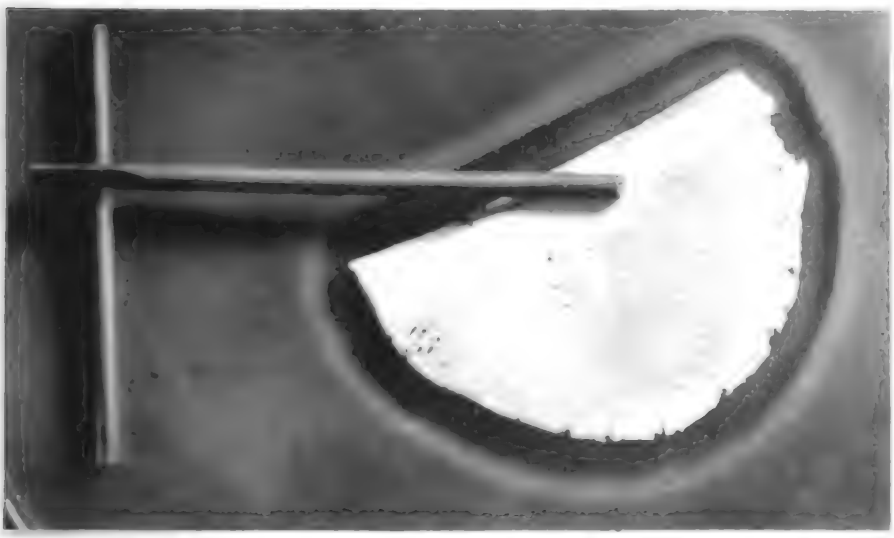


Fig. 6. Silberblech a, Graphitstäbchen, verbunden durch Graphit. Staphylococcen. Agar-Agar. Am Silberblech breiter Hof. Vergröss. ca. $1^1/_2$fach.

Digitized by Google

minimale anfängliche Säurebildung. — Noch erwähnt muss werden, dass bei Beyer eine Notiz aufgenommen worden ist, wonach Bolton Platin, Gold und Antimon völlig unwirksam fand, und wonach ferner dieser Autor »auch bei Typhusbacillen Abtödtung« beobachtete.

Angesichts dieser sich doch immerhin einigermaassen widersprechenden Resultate, angesichts ferner der doch wohl nicht durchaus einwandsfreien Erklärungen, welche die verschiedenen Verfasser ihren Resultaten gaben, unternahmen wir es, selbst Versuche über die Abtödtung der Bacterien durch Schwermetalle auszuführen, um erstens festzustellen, ob überhaupt und unter welchen Bedingungen möglichst reinen Metallen eine Desinfectionswirkung zukäme, und zweitens, wenn dies der Fall ist, den Versuch zu machen, diese Desinfectionswirkung zu erklären.

Die Anordnung der Versuche ist von selbst gegeben. Es wurden Agar-Agar- oder Gelatine-Röhrchen mit einer Bacterienreinkultur geimpft, zu Platten ausgegossen und auf diese letzteren das betreffende Metall aufgebracht. Die Agar-Agarplatten wurden ausnahmslos bei 37,5° C., die Gelatineplatten bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

Bei unseren Arbeiten erschien es uns von grosser Bedeutung, möglichst reine Metalle zu verwenden. Es ist deshalb geboten, ehe wir auf unsere Versuche selbst eingehen, die Herstellungsweise, resp. die Bezugsquellen unserer Metalle ausführlich zu schildern.

I. Gold. a) Blech. Dasselbe wurde hergestellt aus einer grösseren Quantität sehr reinen Goldes (erhalten zum grossen Theil durch Fällung des von Silber befreiten Münzgoldes mit Ferrosulfat, zum kleinsten Theil durch Quartation, d. h. Scheidung mit Salpetersäure, gereinigt). Dieses reine Gold wurde in Königswasser gelöst, mit Salzsäure zur Trockne gedampft, mit Wasser aufgenommen, filtrirt und durch schweflige Säure in der Hitze gefällt. Man erreichte auf diese Weise sicher die Scheidung von etwaigen Eisenspuren, herrührend von der Fällung mit Ferrosulfat. Nach sorgfältigem Auswaschen wurde dieses Gold auf Aetzkalk niedergeschmolzen und auf einem völlig blanken Ambos

Digitized by Google

zu einer 0,05 cm starken Platte ausgehämmert. Um einen Einschluss von Eisen aus dem Ambos thunlichst zu vermeiden, ging mit dieser Operation ein wiederholtes Auskochen mit Säuren (Salzsäure und Salpetersäure) Hand in Hand. Schon das ursprünglich verwendete Gold war sehr rein, wie sich aus der Ausbeute von 99,9% ergibt.

b) Pulver. Dasselbe wurde erhalten durch Fällung einer Lösung von Goldchloridnatrium, das für andere Zwecke mit grosser Sorgfalt hergestellt worden war, mit reiner Oxalsäure.

II. Platin. 1. Blech. 2 Sorten: a) technisches Platin, wie solches zur Herstellung von Platinblech und Platingefässen dient,

b) bezogen als »Platin absolut chemisch rein« von Herräus (Hanau).

2. Pulver. 2 Sorten Platinschwamm:

a) hergestellt durch Glühen von Platinsalmiak; enthält vielleicht noch geringe Spuren von Kupfer und Kohle;

b) bezogen von Herräus als »absolut chemisch rein«.

III. Palladium. 1. Blech, 2. Schwamm, beides bezogen von Herräus als »absolut chemisch rein«.

IV. Silber. 1. Blech. 2 Sorten: a) gewonnen durch Fällung der salpetersauren Lösung sehr reinen Silbers (Chlorsilber reducirt durch Zink und das entstandene mit Säure ausgekochte, ausgewaschene Silber niedergeschmolzen auf Kohle) mittels Salzsäure und Reduction des entstandenen sorgfältig gewaschenen Chlorsilbers durch Elektrolyse. Das erhaltene Silber wurde mit Borax und Soda vor dem Knallgasgebläse geschmolzen und unter wiederholtem Auskochen mit Salzsäure und Glühen auf dem Ambos breitgeschlagen;

b) bezogen von E. Merck (Darmstadt) als reines Silber in Blechform.

2. Pulver. 3 Sorten: a) bezogen von Schuchardt (Görlitz) als reines Silber elektrolytisch gefällt;

b) ein Theil des unter 1a beschriebenen Silbers wurde aus salpetersaurer Lösung unter Verwendung von Platinelektroden durch den Strom gefällt. Das erhaltene Pulver wurde nach

Digitized by Google

sorgfältigem Auswaschen im Wasserstoffstrom im Rosetiegel geglüht, um etwaige Spuren von eingeschlossenem Silbernitrat zu zerstören. Der benützte Wasserstoff wurde mittels arsenfreien Zinks hergestellt und mit $KMnO_4$, $AgNO_3$, $NaOH$, H_2SO_4 gewaschen;

c) bezogen von E. Merck (Darmstadt) als reines Silber elektrolytisch gefällt.

V. Kupfer und VI. Eisen. Blech und Pulver bezogen von Schuchardt als: Cupr. met. p. electrol. Cupr. met. galv. reduct. pulv. Ferrum foliat. pur. Ferrum met. subt. pulv. pur.

VII. Zink in Stücken als Zinc metall. absol. chem. rein bezogen von E. Merck;

in Pulver als Zincum metall. pur. pulv. von Schuchardt.

VIII. Aluminium. 1. Blech von G. S. Neumann, Dresden-Blasewitz. — 2. Pulver als Alum. met. pulv. 99% pro analysi von E. Merck.

IX. Magnesium. 1. Blech: gewöhnliches Magnesiumband; 2. Pulver: a) bezogen von E. Merck, b) bezogen von Schuchardt.

X. Kohle. Als Kohle in Stäbchen wurden Graphitstifte aus Bleistiften benützt, die durch Ausglühen wenigstens von den organischen Stoffen befreit wurden, als Kohlepulver sogenannte reine Thierkohle von E. Merck.

Die 3 Metalle Eisen, Aluminium und Magnesium sind sicher unrein. Von einer Reindarstellung derselben wurde aber abgesehen, da dieselbe auf grosse Schwierigkeiten stösst.

I. Versuche mit einem einzelnen Metall.

Für diese Versuche kam der Staphylococcus pyogenes aureus als Testobject in Anwendung. Gold in etwa 3 cm langen und 0,5 cm breiten Plättchen auf Gelatine oder Agar-Agar aufgebracht übte dem Staphylococcus aureus gegenüber nicht den geringsten entwickelungshemmenden Einfluss aus. Bei allen Versuchen fand nicht nur ein Wuchern der Bacterien bis dicht an das Blech heran statt, sogar unter dem Blech traten vereinzelte Colonien auf. — Das Goldblech war vor jedem Aufbringen mit

Säuren behandelt und geglüht worden. Da, wie Miller angibt, Gold durch diesen letzteren Process seine bacterientödtenden Eigenschaften einbüssen soll, wurde ein Plättchen, das mehrere Wochen nicht im Versuch gewesen war, nochmals dünn ausgehämmert. Dadurch erhielt man ein Präparat, das in gewisser Beziehung dem Blattgold näher kam. Auch dieses Goldblech war völlig unwirksam. Den gleichen negativen Erfolg ergab Gold, das elektrolytisch auf einem Platinblech niedergeschlagen wurde. — Ebenso wenig erreichten wir eine Abtödtung des Staphylococcus aureus durch Goldmünzen. Wir sahen zwar um 10 oder 20 Markstücke, sei es, dass wir dieselben geglüht und mit Salpetersäure gekocht, sei es, dass wir sie nur mit Sand abgerieben oder ohne irgend welche Vorbereitungen auf ein und dieselbe Platte aufgelegt hatten, einen winzigen Hof entstehen und konnten beobachten, dass unter dem Goldstück der Nährboden durchsichtig war, mit der schwächeren Vergrösserung bemerkten wir aber überall vereinzelte Colonien. Die sicher vorhandene Entwickelungshemmung wird also mehr auf Anaerobiose, als auf Einwirkung des Goldes zurückzuführen sein. Beide Arten von Platin- und das Palladiumblech waren unwirksam gegenüber Saphylococcen.

Silberblech Merck zeigte stets einen deutlichen wachsthumsfreien Hof, der in seiner Breite, vom Rande des Bleches ab gemessen, zwischen 0,1 und 0,2 cm schwankte (vergl. Fig. 1).

Es wurde stets auch eine Einwirkung in die tieferen Schichten des Nährbodens wahrgenommen, dergestalt, dass, wenn z. B. das Silberblech 1,8 : 1,5 cm in Länge und Breite betrug, das ganze wachsthumsfreie Gebiet eine Grösse von 2,0 : 1,7 cm besass. — Auch Quecksilber wies stets einen 0,5 cm breiten vollkommen wachsthumsfreien Hof auf, dagegen war bei Blei, Zinn, Eisen, Zink, Magnesium und Aluminium kein Einfluss auf die Bacterienentwickelung zu bemerken.

Würde die Ansicht Miller's richtig sein, dass die Abtödtung der Bacterien durch Luftsauerstoff bewirkt wird, der sich auf der Oberfläche der Metalle condensirt, so ist zu erwarten, dass Metalle, die diese Fähigkeit in hohem Maasse besitzen, wie

Digitized by Google

Platin in fein vertheilter Form, sich als ausserordentlich wirksam erweisen würden. Gemäss dieser Anschauung erschien es nicht unmöglich, dass auch Metalle, die sich in Form von Blechen unwirksam zeigten, in Pulverform abtödtend oder entwickelungshemmend wirken könnten, und wir hielten es deshalb für geboten, Versuche mit Metallpulvern anzustellen, die wir als kleine Häufchen oder lange schmale Streifen auf den mit Staphylococcen inficirten Nährboden aufstreuten (vergl. Fig. 2, 4 u. 5).

Es erwiesen sich als völlig unwirksam:

Goldpulver geglüht und ungeglüht, Platin-, Eisen- und Aluminiumpulver.

Hingegen zeigten eine bacterienfreie Randzone: Palladium-, Zink- und Kupferpulver, sowie das Magnesiumpulver von Schuchardt. Magnesiumpulver Merck war vollständig unwirksam.

Die Wirksamkeit der Pulver gegenüber den Blechen scheint demnach theilweise im ersten Augenblick für die Ansicht von Miller zu sprechen. Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass diese Eigenschaft gerade an den leicht oxydirbaren Metallen: Kupfer, Zink und Magnesium zu Tage tritt und gerade bei solchen Metallen eine Verdichtung von Sauerstoff nicht beobachtet wurde. Das Magnesiumpulver ist ja sicher unrein: das Schuchardt'sche scheint sich durch besonders leichte Oxydirbarkeit auszuzeichnen. Die Wirkung des Kupferpulvers ist dadurch zu erklären, dass Kupfer — wie deutlich sichtbar — in Lösung ging. Die antiseptische Eigenschaft von Kupfersalzen ist ausserdem allgemein bekannt.

Nur bei Palladiumpulver wäre eine Sauerstoffwirkung nicht mit absoluter Sicherheit auszuschliessen, obwohl dieses dunkelbraun gefärbte Präparat sicher Sauerstoffverbindungen enthielt.

Merkwürdig war das Resultat beim Silber. Silberpulver *a* hatte stets einen wachsthumsfreien Hof, der in seiner Breite zwischen 0,2 und 0,3 cm schwankte. Bei Silberpulver *b* war der Hof bedeutend schmäler, und Pulver *c* zeigte sich äusserst unsicher in seiner Wirksamkeit. Wir haben mehrfach Platten erhalten, auf denen es absolut ohne jede wachsthumshemmende Wirkung geblieben war, auf anderen zeigte sich ein kleiner

wachsthumsfreier Hof um den ganzen Pulverstreifen herum, wieder auf anderen Platten besassen nur einzelne Metallbröckelchen, und eigenthümlicher Weise manchmal recht kleine, einen solchen, während die grosse Menge des Pulvers als indifferenter Körper dem Nährboden auflag (vergl. Fig. 2).

Dieses merkwürdige Verhalten der drei verschiedenen Silberpulver dem Staphylococcus aureus gegenüber, das sich besonders schön auch dann markirte, wenn wir die Pulver auf ein und dieselbe Platte aufbrachten, schien uns anfangs unerklärlich. Wenigstens stimmte dasselbe nicht mit den vorhandenen Erklärungsversuchen. Denken wir uns die Bacterienabtödtung nach der Ansicht von Miller zu Stande kommen, so müssen wir annehmen, dass das eine Präparat viel Sauerstoff auf seiner Oberfläche verdichtet, während ein anderes Präparat diese Fähigkeit in geringerem Grade, ein drittes dieselbe aber gar nicht besitzt. Da alle drei Präparate auf elektrolytischem Wege hergestellt worden sind, so ist wohl nicht zu erwarten, dass verschiedene Modifikationen des Silbers vorliegen. Nehmen wir jedoch diese Präparate als chemisch gleichwerthig an, so wäre nach Miller's Erklärung zu erwarten gewesen, dass das am feinsten zertheilte Silber die stärkste keimtödtende Kraft besitzt. Dies war aber keineswegs der Fall, sondern gerade das Präparat 3 war ein unverhältnismässig feineres Pulver als die übrigen.

Gerade der Umstand, dass wir sehr häufig an den winzigsten Silberstäubchen des Pulvers *c* einen verhältnismässig grossen Hof wahrnahmen, führte uns zu der Erwägung, ob wir es hier nicht mit dem Effect irgend einer minimalen Verunreinigung zu thun hätten, irgend eines Stoffes, sei er metallischer oder anderer Natur, der dem Silber zugemischt, diesem eine weit grössere bacterientödtende Kraft verleiht, als es allein, d. h. in wirklich »chemisch reinem« Zustande auszuüben vermag. Ja wir gingen soweit, uns vorzustellen, dass chemisch reinem Silber eine Desinfectionswirkung nicht zukommt, sondern dass diese erst durch Vermischung mit wenn auch noch so minimalen Mengen von anderen Substanzen herbeigeführt wird.

Digitized by Google

Um in diesen Verhältnissen klar zu sehen, war es nothwendig, weitere Versuche anzustellen. Den geraden Weg zu beschreiten, d. h. theoretisch reines Silber mit Silbergemischen zu vergleichen, war leider unmöglich, weil es eben wirklich reines Silber, d. h. Silber, das auch nicht die geringsten Spuren einer anderen Substanz enthielte, in praxi nicht gibt. (Man denke z. B. nur an die niemals vollkommen auszuschliessenden Verunreinigungen durch Staub, durch Gefässe etc.) Wir legten deshalb unseren Versuchen die Frage zu Grunde, ob es möglich sein könnte, die bacterientödtenden Eigenschaften der Metalle, insbesondere des Silbers dadurch zu erhöhen, dass wir ihnen gewisse Substanzen beimischten und suchten zu ergründen, ob dieselben Metalle durch Verbindung mit irgend welchen anderen Substanzen irgendwie von dieser ihrer bacterientödtenden Eigenschaft einbüssen könnten.

Bei diesen Erwägungen leitete uns vor allem die bekannte Thatsache, dass reinste Metalle, auch wenn sie leicht oxydirbar sind, selbst starken Säuren verhältnismässig gut widerstehen (z. B. Zink gegenüber verdünnter Schwefelsäure). Dieser Widerstand schwindet aber sofort infolge elektrolytischer Vorgänge bei Gegenwart von Leitern erster Klasse, die elektronegativer sind, als das Metall selbst (z. B. Platin bei Zink). Es ist aber auch weiter bekannt, dass Metalle durch die Anwesenheit anderer elektropositiverer vor Zerstörung geschützt werden können. Man denke an den Rostschutz, der z. B. Eisendraht durch Verzinkung ertheilt wird. — Es erschien nicht unwichtig, nachzuforschen, ob die gleichen oder ähnliche Verhältnisse auch bei der Abtödtung der Bacterien durch Metalle obwalten.

II. Versuche mit verschiedenen Metallen, die unter einander leitend verbunden, bezüglich mit einander vermischt wurden.

Die Versuche wurden auf zweifache Art angestellt. Das eine Mal legten wir auf die eine Hälfte der mit Staphylococcen inficirten Platte ein Metallplättchen, z. B. ein Silberblech, auf die andere Hälfte ein anderes Metallplättchen, z. B. ein Platinblech. Diese beiden Metallstückchen wurden nun durch einen

Digitized by Google

meist Ω-artig aufgebogenen Streifen, bestehend aus einem der beiden verwendeten Metalle, verbunden, so dass letzterer nirgends dem Nährboden auflag, wohl aber einen sicheren Contakt zwischen den beiden Metallstückchen herstellte (vergl. Fig. 3, 6—8). — Bei der anderen Versuchsreihe mischten wir, soweit nicht anders erwähnt, annähernd gleiche Theile zweier verschiedener Metallpulver in einem Achatmörser und brachten das Gemisch in einem langen Streifen auf die Platte (vergl. Fig. 4 u. 5). Die Mischung wurde stets kurz vor dem Aufbringen frisch bereitet. — Bei der Aufzählung der verschiedenen Versuche wollen wir mit demjenigen Metall beginnen, das, wie von vornherein zu erwarten war, die auffälligsten Resultate zu Tage befördert hat: dem Silber.

Die Silberplättchen wurden vor jedem Versuch in reiner concentrirter Salzsäure ausgekocht, mehrmals mit Wasser ausgewaschen, sodann auch meist in concentrirtem Ammoniak ausgekocht, wieder ausgewaschen und im Bunsenbrenner leicht geglüht. Gold-, Platin- und Palladiumplättchen wurden in reinen Säuren vorbehandelt, in Wasser ausgewaschen und ebenfalls geglüht. Die übrigen Metalle, soweit sie in Blechform in Anwendung kamen, wurden nur mechanisch mit Smirgelpapier gereinigt. Es schien dies zu genügen, und überdies wurde von diesen niemals ein Plättchen zweimal zu einem Versuche verwendet.

Die elektrische Spannungsreihe ist nach Neumann unter Zugrundelegung der Lösungstension bekanntlich folgende:

Mg Al Zn Cd Fe Co Ni Pb H Sn Cu Hg Ag Pd Pt Au.

Es war nun zu erwarten, dass die bacterientödtende Kraft des Silbers bei Gegenwart eines der Metalle Au Pt Pd erhöht werden würde, während sie voraussichtlich eine Abschwächung erfahren musste, sobald die Anwesenheit eines der Anfangsglieder obiger Reihe eine Schutzwirkung auszuüben vermöchte.

Die Resultate waren folgende.

Verbindet man ein Silberblech mit einem der drei Metalle Gold, Platin oder Palladium, so erhöht man die bacterientödtenden Eigenschaften des Silbers ausserordentlich. Der wachsthumfreie

Digitized by Google

Hof, welcher, wie oben angegeben, beim Silber allein 0,1 bis 0,2 cm breit war, erreichte jetzt 0,5 cm und mehr (vergl. Fig. 3 u. 7). — Ganz ebenso verhält sich Silberpulver vermischt mit Platin- und Palladiumschwamm. Bei ersterer Mischung fanden sich Höfe von 0,7, bei letzterer sogar solche von 1,0 cm Breite (vergl. Fig. 5). Dabei war es vollkommen gleichgültig, welches wir von den 3 Silberpräparaten verwendeten. Die viel erheblichere Wirkung des Gemisches dem reinen Metall gegenüber war stets ganz augenfällig.

Da es bekannt ist, dass Kohle sich in elektrischer Beziehung ähnlich wie Gold und Platin verhält, so stand zu erwarten, dass wir auch durch Verbindung von Silber mit Kohle an ersterem Metall eine Verbreiterung des wachsthumsfreien Hofes würden beobachten können. Die angestellten Versuche bestätigten diese unsere Erwartung vollkommen: gleichgültig, ob wir Silber als Blech mit unseren Graphitstäbchen verbanden, oder als Pulver mit Thierkohle mischten, in beiden Fällen war der Hof des Silbers etwa ebenso breit als bei der Combination Ag – Pt (vergl. Fig. 6 u. 4). — Hierbei ist besonders erwähnenswerth, dass bereits ganz geringe Mengen von Thierkohle einen deutlichen Einfluss ausübten. Wir stellten eine Mischung von 1,0 g Silberpulver *c* und 0,0005 g Thierkohle her und trotz dieser geringen Beimischung erschien auf der gesammten Länge des Streifens ein deutlicher, breiter Hof. Um wieviel kleinere Kohlemengen würden genügen, um an einzelnen kleinen Silberpartikelchen Höfe zu erzeugen?!

Dass weder Graphitstäbchen noch Thierkohle allein auch nur irgend eine Spur von antiseptischen Eigenschaften — und zwar nicht nur Staphylococcen, sondern auch anderen Bacterien gegenüber — besitzen, sei auch um deswillen erwähnt, weil Behring aus diesem Grunde die Frage des Prof. Busch in der Diskussion über den Miller'schen Vortrag, »ob vielleicht die Benutzung feinen Kohlenstaubes, um das Gold non cohaesiv zu machen, eine Rolle spielen könnte und ob das Unwirksamwerden des Goldes beim Glühen dann auf dem Verbrennen der Kohle beruhe«, in verneinendem Sinne beantworten zu müssen

glaubt. Da wir später noch Gelegenheit haben werden, darauf einzugehen, unter welchen Umständen Gold antiseptische Eigenschaften erlangen kann, so möge hier nur erwähnt werden, dass Gold, Platin und Palladium verbunden oder als Pulver vermischt mit Kohle keinerlei keimtödtende Wirkung äussert, ebensowenig wie wir eine solche bei irgend einer Verbindung von Gold, Platin oder Palladium unter einander beobachten konnten. Bei Quecksilber erreichten wir durch Verbindung mit Platin eine Verbreiterung des Hofes von 0,5 auf 1,0 cm.

Ehe wir in der Wiedergabe unserer Versuche fortfahren, müssen wir uns vergegenwärtigen, wie die Abtödtung der Bacterien bei den jetzt berichteten Versuchen mit zwei verschiedenen Metallen zu Stande kommt.

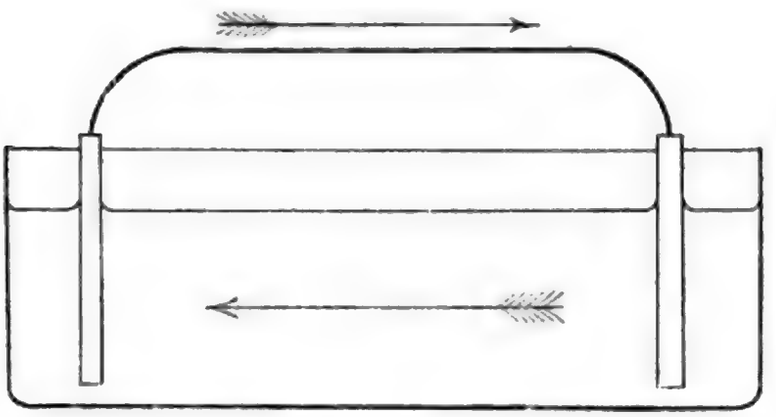
Indem wir auf den kochsalzhaltigen Nährboden zwei verschiedene, leitend mit einander verbundene Metalle aufbringen, construiren wir uns ein kleines Element, in welchem der Strom vom positiven Pol durch den aufgelegten Schliessungsbogen zum negativen geht, um durch den Nährboden hindurch wieder zu ersteren zurückzukehren. Mithin kommen auf einer derartig behandelten Culturschale alle diejenigen Erscheinungen zur Beobachtung, die sich immer abspielen, wenn ein Strom einen Leiter zweiter Classe durchsetzt. Man hat daher mit allen denjenigen Zersetzungsproducten zu rechnen, die bei der Elektrolyse des Nährbodens entstehen können, vorausgesetzt nur, dass die elektromotorische Kraft genügend ist, um dieselbe hervorzurufen. Rein schematisch, auch in Bezug auf die angenommenen Salze, stellt sich die Sache etwa so dar. (Siehe Figur auf S. 13.)

Es ist augenscheinlich, dass diese einfachen Vorgänge einerseits durch die ausserordentlich complizirte Zusammensetzung des Nährbodens stark beeinflusst werden können, anderseits aber wird man wohl nicht anstehen, dem in dem Nährboden enthaltenen Chlornatrium eine Hauptrolle zuzusprechen.

Legen wir also auf die Oberfläche des in einer Schale erstarrten Agar's ein Silber- und ein Platin- (Gold, Palladium) Plättchen oder ein Kohlestäbchen, so dass sich beide nicht metallisch berühren, so wird sich zwischen beiden Metallen eine

Digitized by Google

Potentialdifferenz ausbilden, dergestalt, dass das Platin, (Gold, Palladium, Kohle etc.) auf einem höheren (positiven) Potential steht, als das Silber. Schliessen wir nun die Kette durch einen metallischen Leiter, so wird ein Ausgleich in der Weise statt-



An der Kathode auftretende Producte (z. B. Platin-Pol)		Elektrolyt		An der Anode auftretende Producte (z. B. Zink-Pol)	
		+	−		
NaOH	H	Na ←	Cl →	Cl	
		+	−		
NaOH	H	Na ←	NO_3 →	HNO_3	O
		+			
		Na ←	− −		
NaOH	H	+	SO_4 →	H_2SO_4	O
		Na ←			
		+	−		
NaOH	H	Na ←	OH →	H_2O	O

finden, dass ein positiver Strom diesen Leiter in der Richtung Platin-Silber durchfliesst. In Folge der elektrolytischen Vorgänge in dem Elektrolyt (Nährboden) wird sich nun an der Anode[1])

1) Unter Anode soll gemäss der Bezeichnungsweise Faraday's der Ort des Stromeintritts in den Elektrolyten verstanden werden. An der Kathode erfolgt dann entsprechend der Austritt des (positiven) Stromes aus dem Elektrolyten.

Silber lösen, so lange überhaupt ein Strom den Nährboden durchfliesst. Unter der Voraussetzung, dass das Chlornatrium die Hauptrolle bei diesen Vorgängen spiele, würde man anzunehmen haben, dass durch die Zuwanderung der Cl-Ionen Chlorsilber gebildet werde. Übrigens dürfte der Natur der negativen Ionen kein besonderer Werth beizumessen sein, da dieselben, soweit sie schon im Nährboden vorhanden, wohl als ungiftig für Bacterien gelten können. Als ausschlaggebend dürften wohl nur die vorhandenen Ag-Ionen zu betrachten sein.

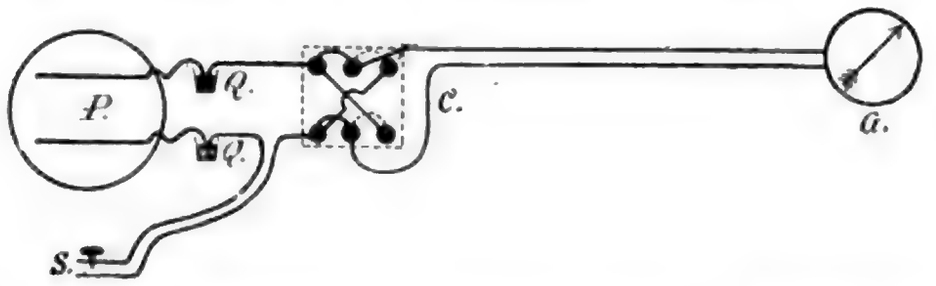
Dass thatsächlich Silber in Lösung geht, dürfte auch daraus hervorgehen, dass nach Entfernung des Silbers vom Nährboden der darunter liegende Agar sich als braun gefärbt darstellte.

Selbstverständlich wird die Stärke des durch den Nährboden fliessenden Stromes nicht auf der anfänglichen Höhe stehen bleiben, sondern infolge von Polarisationserscheinungen an der Kathode bald abnehmen. Aus diesem Grunde war zu erwarten, dass sich die Vorgänge in der ersten Zeit nach dem Auflegen der Bleche abspielen würden. Der Nachweis dieser Anschauung schien uns um so wichtiger, weil hierdurch gleichzeitig bewiesen sein dürfte, dass auch ohne Mitwirkung von Stoffwechselprodukten der Bacterien, eine Desinfection mittels metallischen Silbers, wenigstens bei Gegenwart von Platin, Kohle etc. eintritt.

Um diesen Beweis zu führen, brachten wir auf frisch mit Staphylococcen geimpfte Platten die Combinationen Silber-Gold, Silber-Platin, Silber-Palladium auf. Die Metalle wurden nach 30 Minuten wieder entfernt und alsdann die Agar-Platten dem Brütofen übergeben. Nach 24 Stunden zeigte sich dort, wo das Silberplättchen gelegen hatte, eine wachsthumsfreie Stelle, die, etwas grösser als das Plättchen, genau dessen Gestalt besass.

Man kann wohl kaum annehmen, dass innerhalb der kurzen Zeit von einer halben Stunde bei Zimmertemperatur die Staphylococcen ein so bedeutendes Wachsthum entfaltet haben, dass die von ihnen erzeugten Stoffwechselproducte genügende Mengen von Silber hätten auflösen hönnen.

Es erschien nicht ganz uninteressant, den Stromabfall durch directe Versuche zu bestimmen. Wir haben einen derartigen Versuch durchgeführt, möchten jedoch demselben keinen zu grossen Werth beigelegt wissen, weil einestheils dieser Versuch insofern nicht ohne weiteres mit unseren bacteriologischen Versuchen vergleichbar ist, als bei den letzteren die Metalle durch einen kurzen gut leitenden Schliessungsbogen, im ersteren Falle jedoch durch das Galvanometer mit hohem (1515 ω) Widerstand geschlossen waren. Andererseits vermutheten wir bei Anstellung dieses Versuches noch nicht, dass der Einfluss sehr geringer Verunreinigungen ein so bedeutender sein kann, (der verwendete Silberstreifen war vor dem Versuche mit Hilfe eines blanken Schlüssels ausgestrichen worden, um ein sicheres Aufliegen auf den Nährboden zu veranlassen). Der Vollständigkeit halber wollen wir jedoch die Ergebnisse mittheilen, da sie vielleicht geeignet erscheinen, ein wenn auch rohes Bild der Vorgänge zu liefern Die Versuchsanordnung war schematisch folgende:



P Platte mit Metallstreifen. *Q* Quecksilbernäpfe. *C* Stromwender. *G* Galvanometer. *S* Stromschlüssel.

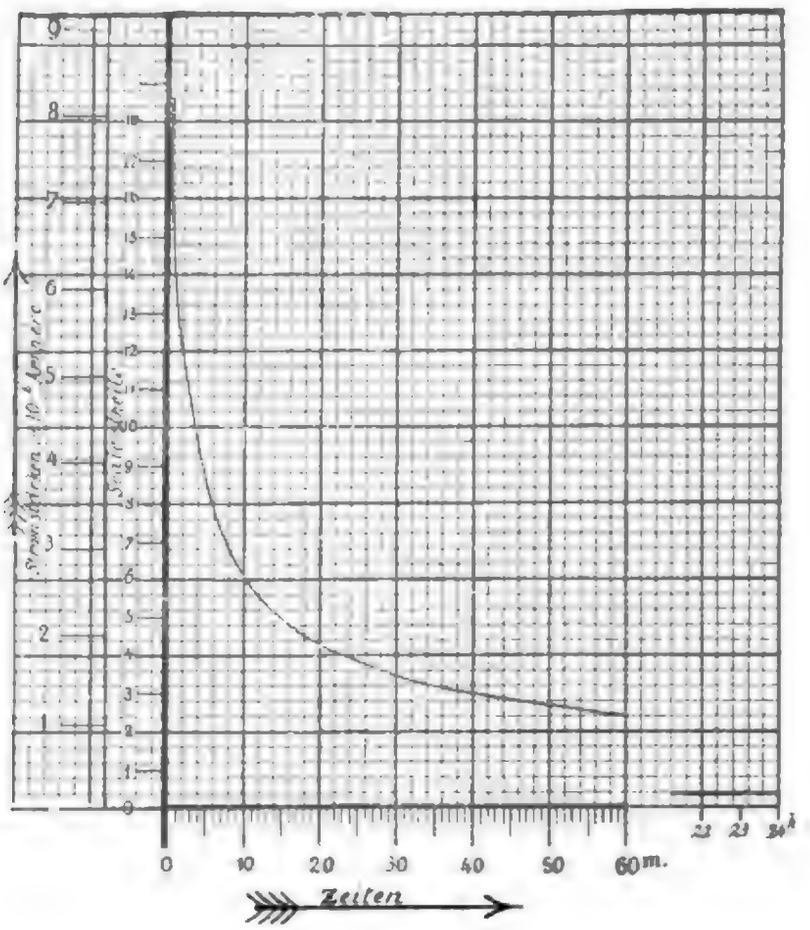
Die Ergebnisse sind in der Figur auf S. 16 dargestellt.

Wir gedenken diese Versuche in einwandsfreier Form zu wiederholen.

Der Widerstand der Elektrolyten zwischen den beiden Metallen wurde zweimal an verschiedenen Platten nach der Kohlrausch'schen Methode (Telephon als Indicator für Wechselstrom) gemessen und bei etwa 100 ω liegend gefunden. Dieser Werth deckt sich der Grössenordnung nach mit demjenigen Widerstand, den man für eine etwa 1 proc. Kochsalzlösung unter annähernd gleichen Verhältnissen berechnen kann.

Digitized by Google

Wir hatten oben die Erwartung ausgesprochen, durch Verbindung von Silber mit einem der am Anfange der Spannungsreihe stehenden Metalle eine Abschwächung der bacterientödtenden Kraft des Silbers zu erhalten. Wir stellten uns vor, dass, da das Silber jetzt die Kathode bildet, der Strom im Elektrolyten vom Zink etc. zum Silber geht, und hier der Strom die Neigung hat, etwa in Lösung gehende Silbertheilchen wieder an der



Silberkathode in Form von metallischem Silber zur Abscheidung zu bringen. In dieser Absicht verbanden wir der Reihe nach Silber mit Magnesium, Aluminium, Zink und Eisen. Bei diesen Versuchen wurde das leichter oxydirbare Metall so heftig angegriffen, dass der Nährboden in einem grösseren Umkreis vollständig undurchsichtig und dadurch für die Beobachtung unzugänglich gemacht wurde. Es fiel aber vor allem auf, dass der wachsthumsfreie Hof am Silber genau in derselben Weise, wie

bei der Verbindung dieses letzteren Metalls mit einem elektronegativerem, bestehen blieb, allerdings mit einem wesentlichen Unterschied: die dunkelbraune Verfärbung des Nährbodens wurde hierbei niemals beobachtet, das wachsthumsfreie Gebiet, in dessen Mitte das Silberplättchen gelegen, blieb vielmehr durchsichtig und klar. Zu demselben Ergebniss gelangten wir bei Verbindung von Platin mit Eisen oder Zink, ferner von Gold mit Aluminium oder Eisen und von Palladium mit Eisen; auch hier stellte sich um das Platin, Gold oder Palladium herum ein wachsthumsfreier Hof ein. Dieses Resultat glaubten wir zuerst mit der Annahme erklären zu müssen, dass es sich infolge des Verbrauchs von verfügbarem Sauerstoff an der Kathode um rein anaërobiotische Verhältnisse handeln könne; dieselbe wurde aber dadurch widerlegt, dass auch facultative Anaeroben, wie Typhus und Coli commune, welche beide Bacterienarten direct vor dem Versuch auf ihre Fähigkeit hin, im Wasserstoffstrom zu wachsen, geprüft worden waren, in gleicher Weise an diesem Pole abstarben wie Staphylococcen.

Ganz dieselben Erscheinungen mussten auch zu Tage treten, wenn man den Ursprung der Elektricitätsbewegung ausserhalb der Platte verlegte. Durch diese Versuchsanordnung gewann man auch den Vortheil, dass die infolge der Oxydation von Zink, Aluminium etc. auftretenden Trübungen vermieden und hiermit zusammenhängende sekundäre Vorgänge ausgeschlossen wurden. Als Stromquelle benutzten wir kleine Elemente: Zink, 1%ige Chlornatriumlösung, Platin. Mit den beiden Polen dieses Elementes brachten wir verschiedene Metallstäbchen in Verbindung, welche als Elektroden der Agarplatte auflagen. — Die Platinelektroden bestanden aus 0,1 cm dickem Platindraht, der in einer Länge von 6 cm das Agar berührte, während die Silberelektroden aus ebenso langem, 0,2 cm breitem Silberband gebildet wurden. Das Resultat dieses Versuches war folgendes: Als Testobjekt wurde benutzt Staphylococcus aureus, Typhus und Coli commune:

a. beide Elektroden aus Platin: an der mit dem Platin (+) — Pol verbundenen Elektrode, also der Anode, 0,2 cm

breiter Hof um die ganze Länge des Platindrahtes herum; an der Kathode keine Einwirkung.

b. beide Elektroden aus Silber: an der Anode ein wachsthumsfreier Hof, der überall gleichmässig 0,3 cm vom Metall entfernt ist. Mindestens die Hälfte dieses Hofes ebenso wie die Unterfläche der Elektroden war schwarzbraun verfärbt. An der Kathode ist die wachsthumsfreie Zone etwas grösser und von unregelmässiger Gestalt. Das ganze Gebiet ist durchsichtig und klar, das Silberband schneeweiss.

In der Erwägung, dass bei dieser Versuchsanordnung trotz der annähernden Gleichheit der Elemente der den Nährboden thatsächlich passirende Strom sehr verschieden stark sein kann, — einerseits weil an der Platinanode Polarisationserscheinungen auftreten werden, während an der Silberanode Silber gelöst wird, so dass bei letzterer ein stärkerer, bei ersterer ein schwächerer Strom vorhanden ist, und dass daraus die starke Kathodenwirkung beim Versuch b. zu erklären wäre, andererseits weil überhaupt diese Versuchsanordnung wegen der Inconstanz der angewandten Elemente als eine sehr rohe bezeichnet werden muss —, wiederholten wir den Versuch mit einem Strom, dessen Stärke uns genau bekannt war. Wir schalteten 4 Petri'sche Schalen dergestalt hintereinander, dass die Kathode der vorhergehenden Platte mit der Anode der folgenden in ein und dasselbe Quecksilbernäpfchen eintauchte, während die Anode der ersten mit dem + Pol, die Kathode der vierten Platte mit dem — Pol einer Accumulatorenbatterie (12 V) verbunden war. Sämmtliche Anoden bestanden aus Platin, die Kathoden der Reihe nach aus Platin, Silber, Eisen und Zink. Platin- und Silberelektroden waren die nämlichen wie beim vorigen Versuch, die Eisenelektroden wurden gebildet aus einem 0,3 cm breiten und 7 cm langen dünnen Eisenblech, die Zinkelektroden ausgeschmolzenem, durch Aufsaugen in einer Glasröhre in Stäbchenform gebrachtem Zink von Merck. Das Stäbchen war 8 cm lang und ca. 0,1 cm dick. — In den Stromkreis waren noch eingeschaltet ein variabler Flüssigkeitswiderstand ($CuSO_4$), ein Torsionsgalvanometer und ein Silbervoltmeter. Die Stromstärke

Digitized by Google

wurde nach dem Torsionsgalvanometer bei 0,0015 A gehalten, die Wägung des im Silbervoltmeter abgeschiedenen Silbers ergab eine mittlere Stromstärke von 0,0016 A.

Die Drähte waren in einen Brütofen eingeleitet, in welchem die Platten 6 Stunden unter dem Einfluss dieses Stromes blieben.

Das Resultat war folgendes: Um sämmtliche Anoden hatte sich ein $2^1/_2$ bis 3 cm im Durchmesser betragender wachsthumsfreier Hof gebildet. Ein ebensolcher — selbstverständlich auch unter dem Mikroskop betrachtet frei von Colonien — um dem Kathodenmetall; derselbe betrug beim Platin 1,4, beim Eisen 1,4 und beim Zink 1,3 cm im Durchmesser.

Um zu sehen, wie sich die genannten Metalle bei einem noch geringeren Strom verhielten, stellten wir noch zwei weitere Versuche unter genau denselben Verhältnissen an. Der hindurch geschickte Strom hatte aber nur eine Stärke von 0,000034 bez. 0,000048 A., gemessen mittels des Universalgalvanometers von Siemens & Halske. Hierbei konnten an den Anoden makroskopisch nur stellenweise wachsthumsfreie Höfe beobachtet werden; an der Kathode fand sich nur beim Platin ein solcher vor. Mikroskopisch zeigten sich aber überall einzelne Colonien. Es hatte also nur eine Wachsthumshemmung, keine Abtödtung stattgefunden, wobei besonders bemerkenswerth ist, dass diese Wachsthumshemmung an der Anode jetzt eher am Platin als am Silber erscheint.

Von anderen Autoren, welche sich mit der Frage der Abtödtung der Bacterien durch Elektricität beschäftigt haben, liegen vor allem die Arbeiten von Apostoli und Laquerrière,[1]) ferner von Prochownik und Spaeth,[2]) von Spilker und Gottstein,[3]) die von Krüger[4]) und die Arbeit von Verhoogen[5]) vor. Ein Vergleich zwischen den Resultaten dieser Arbeiten und den unsrigen ist allerdings nicht wohl möglich,

1) Citirt nach Baumgarten, Jahresbericht 1890, S. 505.
2) Deutsche med. Wochenschrift, 1890, Nr. 26.
3) Centralblatt f. Bact., 1891, Nr. 3/4.
4) Citirt nach Baumgarten, Jahresbericht 1893, S. 576.
5) Citirt nach Baumgarten, Jahresbericht 1891, S. 472.

weil sämmtliche genannten Autoren mit flüssigem Nährboden bezw. mit Elektroden operirten, die mit geimpftem Agar überzogen waren und dann in Flüssigkeiten getaucht wurden. Ferner fehlen auch alle Angaben über die Grösse der Elektroden. Nur aus den verwendeten Gefässen (»kleines Becherglas«, »Reagenzrohr«) kann man sich ein ungefähres Bild über die Grösse derselben machen. Nach aller Voraussicht ist aber die Elektrodengrösse von ganz wesentlichem Einfluss, weil es natürlich nicht gleichgültig ist, ob dieselbe Menge von Zersetzungsproducten auf einer Fläche von 10 oder 1000 qmm entsteht, da im ersten Falle ceteris paribus die Concentration etwa hundertmal grösser sein wird, als im zweiten.

In der Anwendung von Flüssigkeiten und vielleicht auch in der Elektrodengrösse liegt wohl auch der Grund, weshalb die genannten Autoren sehr viel stärkere Ströme in Anwendung bringen mussten, da die Einwirkung ganz schwacher Ströme, welche vielleicht nur in der Abtödtung einiger weniger, den Elektroden direct anliegenden Bacterienindividuen besteht, in einer Flüssigkeit kaum beobachtet werden kann. Die genannten Autoren arbeiteten mit Strömen zwischen 0,05 und 0,3 A. — Apostoli sucht den Grund des Absterbens der Bacterien am positiven Pol in der durch Zersetzung der Nährlösung verursachten Bildung von Säuren und Sauerstoff, während Prochownik vielmehr die Chlorwirkung verantwortlich macht. Während alle übrigen Autoren einzig und allein Bacterienabtödtung durch den positiven Pol beobachten konnten, berichtet Verhoogen, dass bei starken Strömen Abtödtung auch am negativen erfolgt.

Betrachten wir nun einmal die zuletzt angeführten Versuche in ihrer Gesammtheit etwas näher, so ist bei allen bemerkenswerth, dass nicht nur die Anode, sondern auch die Kathode und zwar schon bei recht schwachen Strömen eine Beeinflussung des Bacterienwachsthums zeigt. Die Erscheinungen an der Anode sind, soweit kochsalzhaltige Nährböden vorliegen, nicht schwierig zu erklären. Bei unlöslichen Anoden (Platin) genügt der Hinweis auf die Entstehung von Chlor, bei löslichen z. B. die

Digitized by Google

Bildung von Silbersalzen vollkommen zur Erklärung. Anders liegt aber die Sache an der Kathode. Infolge des oben beschriebenen Verhaltens von Typhus und Coli commune an der Silberkathode ist unsere erste Annahme, dass die an diesem Pol infolge von Wasserstoffausscheidung möglicher Weise auftretende Anaerobiose die Veranlassung zur Bildung der Höfe sein könne, hinfällig geworden. Als Ursache für diese letzteren wäre nun in erster Linie noch die Vermehrung der Alkalescenz zu betrachten. Es muss jedoch ausdrücklich bemerkt werden, dass bei der complicirten Zusammensetzung unserer gebräuchlichen Nährböden es nicht ausgeschlossen erscheint, dass auch durch den Stromdurchgang in diesen letzteren vielleicht secundär Verbindungen entstehen, deren Kenntniss uns zur Zeit noch vollständig verschlossen ist. Eigenthümlich erscheint aber immerhin der Einfluss, den das Silber als Kathode ausübt. Da uns nicht bekannt ist, dass das Verhalten von Silberkathoden in alkalichloridhaltigen Elektrolyten genauer studirt worden ist, so stellten wir einen dementsprechenden Versuch an.

Eine Elektrode aus reinem Silber (s. o.) wurde zur Hälfte in ein Becherglas mit 1%iger Kochsalzlösung getaucht. Die Stromzuleitung erfolgte durch einen ausserhalb der Flüssigkeit befindlichen Platindraht. Dieses Becherglas war durch Heber mit einem zweiten und dieses mit einem dritten Becherglas verbunden, in das als Anode ein Platiniridiumtiegel tauchte. Sämmtliche Gläser und Heber waren ebenfalls mit 1%iger Kochsalzlösung gefüllt. Diese Kochsalzlösung erhielt einen Zusatz von wenig neutraler Lackmuslösung, um das Vorwärtsschreiten der infolge der Chlorentwickelung verursachten Entfärbung beobachten zu können, und um dadurch zu vermeiden, dass der Versuch zu spät beendet werde. Nachdem mit Unterbrechungen (des Nachts) der Strom von 0,005 A. 48 Stunden lang den Apparat durchflossen hatte, zeigte die Silberkathode besonders an den Stellen, wo sie mit Luft in Berührung gekommen war, einen schwärzlichen Ueberzug, der beim Glühen die Farbe des Silbers wieder annahm. Eine Aufrauhung der Oberfläche war trotzdem nicht zu verkennen, so

dass man auch nachher die Eintauchtiefe ganz sicher feststellen konnte. Die Gewichtsabnahme der bei beiden Wägungen thunlichst genau gleich behandelten Elektroden war aber trotzdem nur sehr gering: sie betrug bei der Kathode 0,0002 g, eine Zahl, die allerdings schon durch Wägefehler etwas beeinflusst sein kann. — Auf einen Punkt möchten wir jedoch hier noch hinweisen: Wenn der Nährboden Ammoniumsalze oder deren Derivate enthält, so würde das NX_4-Ion ebenfalls an die Kathode wandern. Es erscheint nun nicht unwahrscheinlich, dass in diesem Falle die Löslichkeit des Ag bedeutend gesteigert werden würde. Um in diese Verhältnisse einen, wenn auch nur oberflächlichen Einblick zu gewinnen, stellten wir folgende Versuche an:

Kleine Kolben von etwa 150 ccm Inhalt wurden mit destillirtem Wasser, 1% Kochsalzlösung oder 0,3% Ammoniak gefüllt und alsdann mit einer kleinen Quantität der verschiedenen reinen Silberpulver beschickt auf 48 Stunden in den Brütofen gestellt. Während dieser Digestion wurden die Kölbchen des öfteren umgeschüttelt. Zum Schlusse wurde der decantirte bez. filtrirte Inhalt mit H_2S colorimetrisch auf Silber geprüft unter Vergleich mit denselben Flüssigkeiten (NaCl, NH_3), denen man aber bekannte Mengen von salpetersaurem Silber zugefügt hatte. Die Resultate waren folgende:

	NaCl	NH_3	dest. Wasser.
Silberpulver	a 0,01	0,3	0,01 mg Ag in 100 ccm.
	b 0,01	1,0	—
	c 0,07	5,0	—

Man sieht aus diesen Zahlen, dass NH_3-haltige Lösungen weit mehr (30—40 mal soviel) Silber lösen, als Kochsalzlösungen[1]) oder destillirtes Wasser.

Diese Versuche beweisen also, worauf es uns ankam, die Möglichkeit, dass auch an der Kathode Silber in Lösung zu gehen vermag. In welchem Umfange aber der bacterien-

1) Ueber die Löslichkeit von Silber in Kochsalzlösungen vgl. auch Ladenburg, Handwörterbuch der Chemie, Bd. X, 671.

Digitized by Google

schädigende Einfluss dieses Poles hierauf oder auf Rechnung der Alkalibildung geschrieben werden muss, wie es bei Verbindung von Platin mit Eisen oder Aluminium, ferner bei Gold mit Eisen oder Aluminium und bei Palladium mit Eisen sehr wahrscheinlich der Fall ist, vermögen wir nicht anzugeben.

Aus all' dem Vorstehenden geht nun hervor, dass es uns gelungen ist, die Löslichkeit des Silbers und damit seine Desinfektionswirkung dadurch zu erhöhen, dass wir dasselbe zur Anode, gleichgültig auf welche Weise, machten. Die Umkehrung: Verminderung des Einflusses des Silbers auf Bacterien durch die entgegengesetzte Wirkung des Stromes, war uns jedoch bisher noch nicht gelungen. Um auch dieses Glied in die Kette unserer Beweise einzureihen, mussten wir danach trachten, die schädigenden Wirkungen, die die Bacterien eventuell durch Zersetzungen des Nährbodens etc. erfahren, zu vermeiden, dabei jedoch das Silber zu verhindern, sich in dem Nährboden merklich zu lösen. Dies war vermuthlich dann zu erreichen, wenn wir die Spannung auf demjenigen Maasse halten konnten, welches gerade genügte, um etwa gelöstes Silber sofort wieder zur Kathode zurückzuführen, aber nicht genügte, um bacterienschädigende Einflüsse, sei dies direct oder indirect, auszuüben. Es lag der Gedanke nahe, zu diesem Versuche die dem Silber am nächsten stehenden Glieder der Spannungsreihe: Wasserstoff und Kupfer, zu wählen und dieselben mit Silber zu combiniren. An Stelle des ersteren nahmen wir Palladium, das elektrolytisch mit diesem Körper gesättigt war. Das Silber übte keine sichtbare Wirkung mehr auf die Bacterien aus (vgl. Fig. 8). Es war also in der That gelungen, die Lösungsfähigkeit, wenigstens so weit sie für Bacterien in Betracht kommt, aufzuheben. Um Kupfer und Palladium zeigte sich auf der mit Staphylococcen geimpften Platte aber ein Hof; allerdings aus zwei im Wesen vollständig verschiedenen Gründen: Das Kupferblech war ebenso wie sein Hof grün gefärbt, die Cu-Ionen hatten also ihre giftige Wirkung äussern können. Am Palladiumwasserstoff jedoch kamen anaerobiotische Verhältnisse zu Stande, die sogleich näher erklärt werden sollen.

Silberpulver c vermischt mit Aluminium- oder Magnesiumpulver (Merck) gab ebenfalls keinen wachsthumsfreien Hof. Diese Erscheinung ist deswegen nicht auffallend, weil bei der Mischung von Pulvern die Zersetzungsproducte dicht neben einander entstehen und somit leicht die Wirkung der an der Kathode ausgeschiedenen Substanzen sofort nach ihrer Entstehung wieder aufgehoben werden kann, was bei den Versuchen mit Metallplättchen, die getrennt dem Nährboden aufliegen, nicht möglich ist.

Da von Miller behauptet worden war, dass die Metalle infolge des auf der Oberfläche verdichteten Sauerstoffes ihre Desinfectionskraft entfalteten, versuchten wir die verwendeten Edelmetalle möglichst stark mit Sauerstoff zu beladen. Wir glaubten dies erreichen zu können, wenn wir die Metalle als Elektroden in verdünnter Schwefelsäure (2fach normal) der Wirkung des Stromes (0,8 A. etwa 5 Minuten lang) aussetzten. Die Metallplättchen wurden danach mit kohlensaurem Natron und Wasser gewaschen, um den etwaigen Einfluss von Säurespuren aufzuheben, und sodann auf die (mit Staphylococcen geimpften) Platten aufgebracht. Die Ergebnisse waren folgende:

(+ bedeutet Anode, — Kathode.)

Gold + (oberflächlich braun gefärbt). 0,5 cm breiter Hof. Agar um das Gold zeigt eigenthümlich schillernde Färbung. Es ist sicher Gold in Lösung gegangen.

Gold — (blank) keine Einwirkung.

Platin + } (unverändert), keine Einwirkung.
Platin — }

Palladium + (angelaufen: Oberflächenfarben) keine Einwirkung.

Palladium — (blank), vielleicht etwas matter, 0,3 cm breiter Hof.

Es ist bemerkenswerth, dass hier endlich am Gold eine Einwirkung sichtbar wird, die wir aber nicht auf das metallische Gold zurückführen zu müssen glauben. Vielmehr machen wir den braunen Ueberzug der Elektrode (Sauerstoffverbindung des Goldes?) als das eigentlich wirksame Element verantwortlich. Wir glauben demnach auch hier von einer bactericiden Wirkung

des metallischen Goldes nicht sprechen zu können, da, wie gesagt, Gold in Lösung gegangen war.

Interessant erscheint es, dass man dem Platin, dessen Unveränderlichkeit unter diesen Bedingungen vorauszusehen war, auch auf diesem Wege keineswegs so viel Sauerstoff aufdrängen kann, dass dasselbe bacterienschädigende Eigenschaften erlange. Beim —Palladium vermutheten wir sofort, dass hier anaerobiotische Erscheinungen vorlägen. Wir haben darum den Versuch mit fakultativen Anaeroben, Coli commune und Typhus wiederholt, hier blieb sofort jede Wirkung des mit Wasserstoff geladenen Palladiums aus. Genau ebenso verhielt sich dieses letztere Metall in Verbindung mit Silber Typhus und Coli commune gegenüber. Hier fehlte der Hof an beiden Metallen. Die oben beim Staphylococcus beobachtete bacterienfreie Zone am Palladium ist also nur durch Austritt von Wasserstoff bez. Reduction des verfügbaren Sauerstoffs im Nährboden hervorgerufen worden.

III. Versuche mit verschiedenen Bacterienarten.

Wie eingangs bemerkt, ist von verschiedenen Autoren die Beobachtung gemacht worden, dass die einzelnen Bacterienarten sich ein und demselben Metall gegenüber verschieden verhalten. — Die folgenden Versuche wurden einestheils in der Absicht angestellt, zu prüfen, ob diese Beobachtung auch für unsere reinsten Metalle zutrifft. Anderntheils schien es uns aber auch von Wichtigkeit, die Frage zu erörtern, ob wirklich irgend welchen Stoffwechselproducten der Bacterien, insonderheit der Milchsäure, irgend eine hervorragende Rolle bei der Abtödtung zugesprochen werden muss. — Die Auswahl unter den Bacterien trafen wir für unsere Versuche von dem Gesichtspunkte aus, dass wir möglichst intensive Säurebildner mit sicheren Alkalibildnern in den Vergleich zogen. Wir verwendeten dementsprechend als Säurebildner: Cholera- und Typhusbacillen, Bacterium coli commune und Milchsäurebazillen, als zweifellos starke Ammoniakbildner: Bacillus pyocyaneus und Bacillus fluorescens liquefaciens.

Auf diese Bacterien übte Gold, Platin und Palladium sowie Kohle keine Einwirkung aus. Silber als Blech, sowie Quecksilber zeigten stets einen wachsthumsfreien Hof, der aber bei keiner der genannten Arten viel breiter oder schmäler gewesen wäre, als beim Staphylococcus. Auch die Pulver, insbesondere die Silberpulver, verhielten sich im grossen ganzen nicht anders, als oben angegeben, wenn auch kleine Unterschiede bemerkbar waren. Diese Unterschiede können ohne Schwierigkeit auf die verschiedene Empfindlichkeit der Bacterien gegenüber den Silberionen zurückgeführt werden. Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass, gemäss den oben angeführten Versuchen, Silber z. B. bei Gegenwart von Ammoniak leichter in Lösung geht, dass die Löslichkeit des Silbers dann erhöht werde, wenn Ammoniak oder andere Stoffwechselproducte in dem Nährboden diffundiren. Doch glauben wir aus den weiter unten angeführten Versuchen schliessen zu müssen, dass diesen Umständen nur ein verhältnissmässig geringer Einfluss zukommt. In gleicher Weise wie die Staphylococcen wurden auch die anderen Bacterien von den Metallgemischen je nachdem abgetödtet oder nicht beeinflusst, und es hiesse weiter nichts, als die bei den Staphylococcen erlangten Ergebnisse wiederholen, wollten wir alle mit den genannten Bacterien ausgeführten Versuche aufführen. —

Besondere Erwähnung verdienen nur zwei Versuchsreihen. Die erste stellten wir nach dem Vorgang von Beyer an, welcher angibt, dass Silber dann nicht wirkt, wenn im Nährboden eine chemische Substanz vorhanden sei, die die gebildete Säure sofort neutralisirt. Wie Beyer versetzten wir den Agar-Agar mit Magnesia usta. — Es war uns nun nicht möglich, einen Unterschied zu erkennen, weder zwischen den einzelnen mit Magnesia versetzten, aber mit verschiedenen Bacterien geimpften Platten einerseits, noch zwischen diesen und anderen ohne Magnesia angelegten, aber mit denselben Metallen belegten oder Metallpulvern bestreuten Agarplatten anderseits. — Um dem Einwand zu entgehen, dass die angewandten Magnesiamengen noch zu gering gewesen seien, stellten wir folgenden Versuch an: Auf 2 Platten, von denen die eine mit Staphylococcen,

die andere mit Bacterium coli besät worden war, wurden je 3 verschiedene Pulverstreifen aufgestreut. Diese bestanden aus: 1. Silberpulver c.; 2. Silberpulver c + Magnesia usta[1]); 3. Silberpulver c + Kohlepulver + Magnesia usta. Das Resultat war auf beiden Platten dasselbe: 1. Silberpulver allein keine Einwirkung, 2. Silber + Magnesia ein 0,2 cm breiter wachsthumsfreier Hof, 3. Silber-Kohle-Magnesia 0,3 cm breiter wachsthumsfreier Hof. Magnesia usta hatte also die bacterientödtenden Eigenschaften von Silber oder Silbergemischen nicht nur nicht aufgehoben. sondern vielmehr scheinbar erhöht. Controllversuche zeigten, dass Magnesia usta allein (wahrscheinlich infolge von starker Alkalibildung) einen wachsthumsfreien Hof hervorrief. Bei der anderen Versuchsreihe wurden Agar-Agar- und Gelatinenährböden verwendet, die mit Lackmus gefärbt worden waren. Man konnte hierbei sehr gut beobachten, dass die bacterienfreie Zone am Silber (vermischt oder verbunden mit Palladium, Platin, Gold und Kohle) stets seine blaue Farbe beibehielt, während bei den Säurebildnern der Farbstoff auf der ganzen übrigen Platte, also dort, wo reichliches Bacterienwachsthum vorhanden war, sehr bald in Roth überging.

Zum Schlusse möchten wir noch darauf hinweisen, dass wir auch Versuche angestellt haben, um in flüssigen Nährböden suspendirte Keime durch Metallgemische am Auskeimen zu verhindern. Diese sowie andere Untersuchungen, welche auf die Verwendung von Silberelektroden zur Sterilisation von Flüssigkeiten hinzielen, sind noch nicht abgeschlossen. Wir sind mit denselben, sowie überhaupt mit Versuchen über die Abtödtung von Bacterien durch Ströme verschiedener Stärke beschäftigt und werden darüber später berichten.

Schlusssätze.

1. Bacterienschädigende Einflüsse von Metallen entstehen im allgemeinen infolge der Auflösung der betreffenden Metalle im Nährboden. Das Maass der Schädigung ist

1) Garantirt schwefelsäurefrei von E. Merck.

durch die Menge und Giftigkeit der entstehenden Salze bedingt.

Während Silber, Quecksilber und Kupfer bacterienschädigend zu wirken vermögen, sind die anderen, darauf hin untersuchten Metalle Mg., Al., Fe., Zn., Pb., Sn., Pd., Pt., Au. im kompakten Zustande vollständig unwirksam.

2. Die bacterienschädigende Einwirkung des Silbers wird dadurch erhöht, dass man es mit elektronegativeren Metallen (Pd., Pt., Au) und Kohle leitend verbindet, es also als Anode dem Nährboden auflegt. Die Wirkung tritt hierbei dadurch ein, dass Silber in Lösung geht.
3. Verbindet man Silber (Platin, Gold oder Palladium) mit stark positiven Metallen (Zn., Fe., Al., Mg.), so tritt ebenfalls am Silber (Platin, Gold oder Palladium) — welche Metalle jetzt Kathode sind — ein wachsthumsfreier Hof auf.
4. Die Wirkung des Silbers wird aufgehoben durch Verbindung desselben mit Palladium-Wasserstoff und Kupfer, mit Metallen also, die nur um weniges positiver sind als Silber.

Digitized by Google

Ein neues Verfahren zur Bestimmung des Sauerstoffs in Gasgemengen.

Von

Dr. G. W. Chlopin,

Professor der Hygiene und Director des hygienischen Instituts an der Kais. Universität in Jurjew (Dorpat)[1].

Die Bestimmung des Sauerstoffs in Gasgemengen wird zur Zeit entweder auf gewichtsanalytischem oder maassanalytischem (eudiometrischem) Wege ausgeführt. Bei dem gewichtsanalytischen Verfahren wird der Sauerstoff von glühenden Kupferschnitzeln absorbirt (Dumas), wobei die Differenz im Gewicht des Kupfers vor und nach der Reaction direct das Gewicht des im Gasgemenge enthaltenen Sauerstoffs ergibt. Nach den Angaben D. J. Mendelejeff's ist diese Methode die genaueste und es können bei derselben am wenigsten Fehler vorkommen.[2]) Ungeachtet seiner Genauigkeit hat jedoch das Dumas'sche Verfahren keine grosse Verbreitung gefunden.

Weit verbreiteter ist die maassanalytische (eudiometrische) Methode, welche von Bunsen und Heppert ausgearbeitet und dann von Winkler, Hempel, Doyer u. A. vereinfacht wurde. Bei dem eudiometrischen Verfahren wird die Menge des Sauerstoffs nicht direct bestimmt, sondern indirect berechnet, nämlich aus der Verringerung des Gasvolumens, indem man den in

---

1) Mitgetheilt in der russischen phys.-chem. Gesellschaft in Petersburg (Sitzung am 7. Mai 1898).

2) Д. И. Менделѣевъ. Основы Химіи, 1895, стр. 167.

demselben enthaltenen Sauerstoff auf die eine oder die andere Weise entfernt. Hierbei liegt das Hauptgewicht in dem genauen Ausmessen des Gasvolumens vor und nach der Entfernung des Sauerstoffs aus demselben.

Die genaueste Methode zur Bestimmung des Sauerstoffs auf endiometrischem Wege ist die Verbrennung desselben mit chemisch reinem Wasserstoff (Bunsen)[1]) oder mit metallischem Kupfer (Jolly-Kreusler)[2]). Bei weitem einfacher ist es, den Sauerstoff aus Gasgemengen vermittelst absorbirender Chemikalien zu entfernen. Gegenwärtig benutzt man am häufigsten zu diesem Zweck alkalische Lösungen von Pyrogallol (Liebig, Hempel), Chromchlorür ($CrCl_2$-Otto v. d. Pforten), Phosphor (Lindemann) und Natriumhyposulfit ($Na_2S_2O_4$).[3]) Auch empfahl man zu diesem Zweck Eisenoxydulsalze (Dupasquier) und andere Verbindungen, doch sind die letzten ganz in Vergessenheit gerathen.[4])

Für genaue Bestimmungen auf eudiometrischem Wege sind specielle, äusserst complicirte und kostspielige Apparate erforderlich. Die Analyse selbst dauert einige Tage und setzt besondere Vorrichtungen und grofse Uebung voraus. Alle Modificationen, welche zur Beschleunigung und Vereinfachung der Analyse vorgeschlagen wurden, verringern mehr oder weniger den Grad der Genauigkeit des Verfahrens, so dass dasselbe schliesslich nur für technische Zwecke verwendet werden kann (Winkler, Hempel, Bunte u. A.). In jedem Falle ist die eudiometrische Methode selbst in ihrer einfachsten Modification nur einem kleinen Kreise von Forschern zugänglich, welche in gut eingerichteten Laboratorien arbeiten können.

1) Bunsen, Gasometrische Methoden, 1877, S. 79.

2) Jolly, Die Veränderlichkeit in der Zusammensetzung der atmosph. Luft (Abhandlung d. k. bayer. Akad. d. Wissenschaften, II. Cl., XIII., 2. Abth., 1878) und Kreusler, Ueber den Sauerstoffgehalt der atmosph. Luft. Landwirthschaftl. Jahrbücher, 1875, S. 305. Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie, N. F., Bd. 6, S. 537.

3) W. Hempel, Gasanalytische Methoden, 1890, S. 114.

4) Musspratt's Encyclopäd. Handbuch der technischen Chemie, Bd. V, S. 914, 1896.

Digitized by Google

Bis jetzt ist unseres Wissens noch keine Methode zur directen Bestimmung des Sauerstoffs in Gasgemengen durch Titriren vorgeschlagen worden, die hinreichend genau wäre, und die, dank ihrer Einfachheit, nicht nur Chemikern von Fach zugänglich wäre, sondern auch Leuten, welche gezwungen sind, oft die Dienste der analytischen Chemie in Anspruch zu nehmen, wie z. B. Hygienikern, Technikern u. A.

Im Jahre 1888 schlug Winkler ein einfaches, bequemes und genaues Verfahren vor zur Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs, das auf der Oxydation des Manganoxyduls zu Manganoxyd durch den Sauerstoff beruhte.[1]) Das Winkler'sche Verfahren wurde von uns eingehenden Prüfungen und einer detaillirten Untersuchung unterzogen und erwies sich in der That als sehr genau, einfach und rasch ausführbar, weshalb wir es auch für die sanitäre Praxis empfahlen.[2])

Im vorigen Jahre (1897) wurde dieselbe Methode mit einer unwesentlichen Aenderung von anderer Seite vorgeschlagen, und zwar von Romijin, wie es scheint, vollkommen unabhängig von Winkler und zu demselben Zweck, d. h. zur Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs.[3])

Im Laufe dieses Jahres versuchten wir, Manganoxydul auch zur Bestimmung des Sauerstoffs in Gasgemengen zu verwenden und arbeiteten folgendes Verfahren zur Bestimmung desselben aus.

---

1) Berichte der deutschen chem. Gesellsch., 1887, XXI, S. 2843 u. 1889, XXII, S. 1764.

2) Г. В. Хлопинъ. Къ методикѣ опредѣленія раствореннаго въ водѣ кислорода. M. 96. Diss. u. G. W. Chlopin, Untersuchungen über die Genauigkeit des Winkler'schen Verfahrens zur Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs im Vergleich mit der gasometrischen Methode. Archiv f. Hygiene, Bd. XXVII, Heft 1 (Bericht an die chem. Abth. der Moskauer Gesellsch. für Naturwissenschaften, Astronomie und Geographie, 10. Nov. 1895).

3) G. Romijin, R. tr. ch. P. B. 1876, Referat im Journal der russ. Gesellsch. für Physik u. Chemie, 1897, Bd. XXIX, Nr. 9, S. 246.

Princip.

Manganoxydul wird von gasförmigem Sauerstoff in Gegenwart von Jodkalium zu Manganoxyd oxydirt. Wenn man nach Beendigung der Oxydation Manganoxyd in Salzsäure löst, so wird aus dem vorher gebildeten Manganchlorid Chlor entwickelt, welches aus Jodkalium eine äquivalente Menge Jod ausscheidet. Letzteres wird, wie allgemein gebräuchlich, mit Natriumthiosulfat titrirt. Die Reaction zerfällt nach Winkler in folgende Phasen:

1. $2\ MnCl_2 + 4\ NaOH = 4\ NaCl + 2\ Mn(OH)_2$
2. $2\ Mn(OH)_2 + O + H^2O = 2\ Mn(OH)_3$
3. $2\ Mn(OH)_3 + 6\ HCl = 2\ MnCl_3 + 6\ H_2O$
4. $2\ MnCl_3 + 2\ KJ = 2\ MnCl_2 + 2\ KCl + 2\ J.$

Mithin entsprechen 2 Atome Jod einem Atom Sauerstoff. Da hier ein Ueberschuss von Manganoxydul vorhanden ist, so erscheint als Endproduct der Oxydation das sog. rothe intermediäre Manganoxyd (Mn_3O_4).

Reagentien.

1. Eine wässerige Lösung von Manganchlorür ($MnCl_2 + 4\ H_2O$), welche in 100 ccm 40 g Salz enthält. Das Manganchlorür darf kein Eisen enthalten.
2. Ein Gemenge von Natronlauge und Jodkalium: 30,0 g KJ + 32,0 g NaOH löst man in Wasser und verdünnt zu 100 ccm. Bei der Bereitung dieses Gemenges muss man erst KJ lösen und dann NaOH hinzufügen; hält man diese Ordnung nicht ein, so bildet sich ein schwer löslicher weisser Niederschlag, den wir nicht näher untersucht haben. Die Natronlauge darf kein salpetrigsaures Natron enthalten und Jodkalium darf mit Salzsäure kein Jod ausscheiden.
3. Concentrirte Salzsäure ohne freies Chlor.
4. $^1/_{10}$ normale Lösung von Natriumthiosulfat, welche 25,0 g Salz in 1000 ccm Wasser enthält; 1 ccm einer solchen

Digitized by Google

Lösung entspricht 0,5592 ccm Sauerstoff bei 0° und 760 mm Barometerdruck[1]).

5. Reines Jod und eine 10proc. Lösung von Jodkalium, oder eine Lösung von Kaliumbichromat ($K_2Cr_2O_7$) = 3,874 g auf 1 l. Dieses Salz bereitet man nach Volhard[2]), indem man es umkrystallisiren lässt und dann bei 120° C. bis zum constanten Gewicht trocknet. Zur Titerstellung nimmt man 20 ccm dieser Lösung, welche 0,2 g reinen Jods entspricht und fügt 10 ccm einer 10proc. KJ-Lösung und 5 ccm concentrirter Salzsäure hinzu.

Die Lösungen von Manganchlorür und die Mischung KJ + NaOH müssen mit ausgekochtem destillirtem Wasser bereitet werden. Bei sehr genauen Analysen bereitet man die Mischung KJ + NaOH ex tempore. Hat die Lösung von Manganchlorür längere Zeit gestanden, so genügt es, dieselbe aufzukochen und rasch abkühlen zu lassen. Der Titer des Natriumthiosulfats muss vor jedem Versuch festgestellt werden.

Apparate.

Bei unseren Analysen benutzten wir einfache Glasflaschen von 150 ccm Inhalt mit eingeschliffenen Glasstöpseln. Die Glasstöpsel wurden durch Kautschukstöpsel ersetzt, welche mit zwei Oeffnungen versehen waren. Durch eine dieser Oeffnungen ging eine lange Glasröhre fast bis zum Boden; auf das äussere Ende wurde ein dicht schliessender Kautschukschlauch von 10 bis 15 cm Länge gezogen. Der Kautschukschlauch wurde vorher in Fett durchgekocht, dann an der Glasröhre mit einem dünnen, aber starken Bindfaden befestigt und an dem unteren Ende mit

1) Man kann auch schwächere Lösungen von $Na_2S_2O_3$ nehmen, z. B. 12,5 g auf 1 l, doch sind die Resultate beim Gebrauch nicht genauer, da man zum Titriren nur einen Theil der bei der Bestimmung erhaltenen Jodlösung nehmen muss und dann den Fehler beim Ausmessen und Titriren einigemal multiplicirt.

2) Berichte der deutschen chem. Gesellsch., XVII, S. 642 u. Liebig's Annalen, 198, S. 310.

Digitized by Google

einem Kitt aus Wachs und Colophonium (wie ihn Prof. Setschenoff empfiehlt) verdichtet. Durch die andere Oeffnung des Stöpsels ging ebenfalls eine Glasröhre, die jedoch kürzer war und gleich unter dem Stöpsel endete, während sie über demselben eine Höhe von ca. 5 cm besass; über dieses Ende wurde gleichfalls ein Kautschukschlauch gezogen, und an beiden Schläuchen wurden Mohr'sche Quetschhähne befestigt. An dem Halse des Kolbens wurde mit einem Diamant eine Marke eingeritzt, bis zu welcher der Kautschukstöpsel reichen musste, sowohl beim Kalibriren als auch bei den Bestimmungen. Desgleichen wurden die Quetschhähne an bestimmten Stellen, die mit Tinte bezeichnet waren, befestigt.

Kalibrirung der Flaschen.

Die leeren und vollkommen trockenen Flaschen werden zusammen mit den Stöpseln und Quetschhähnen auf einer Wage mit einer Genauigkeit bis 0,01 g abgewogen. Sodann werden sie mit destillirtem Wasser von Zimmertemperatur gefüllt und mit den Stöpseln bis zu den Marken verschlossen, wobei man die Quetschhähne abnimmt, die dann nach der Füllung wieder an den bezeichneten Stellen befestigt werden. Das Wasser, welches in den Gummischläuchen über den Quetschhähnen steht, wird mit Filtrirpapier abgesaugt und die Kolben werden gewogen. Die Differenz zwischen der ersten und zweiten Wägung in Grammen ausgedrückt, gibt unmittelbar das Volumen der Flaschen in Cubikcentimetern an.

Zu genauen Analysen haben wir einen einfachen Spezialapparat projectirt, der nach unseren Angaben von der Firma Ritting u. Co. in Petersburg construirt wurde. Der Zweck dieses Apparates ist a) die Kautschukstöpsel durch Glasstöpsel zu ersetzen, b) an Stelle der Kautschukschläuche und der Mohrschen Quetschhähne Glasröhren und Krähne zu setzen, c) das Eingiessen der Reagentien zu beschleunigen, indem die gewöhnlichen Büretten durch besondere Büretten von 20 ccm Inhalt ersetzt wurden; letztere wurden für das obere Ende der langen Röhre angeschliffen. Der Apparat fasst ungefähr 150 ccm. Haben

Digitized by Google

wir nur das Modell des Apparates erhalten, welches wir noch nicht benutzt haben.

Ausserdem braucht man für die Ausführung der Analyse noch folgende Apparate:

1. vier Büretten mit Krähnen, zwei für die Lösungen des Manganchlorürs und KJ + NaOH und zwei genau kalibrirte Büretten für Natriumthiosulfat und Kaliumbichromat.
2. Einen kleinen Blasebalg oder eine Wasserluftpumpe.
3. Ein Barometer.

Ausführung der Analyse.

Bei Untersuchungen der atmosphärischen Luft pumpt man mit einem Blasebalg durch die lange Röhre Luft in den vorher gut mit den Stöpseln verschlossenen und verkitteten Flaschen. In anderen Fällen saugt man das Gasgemenge auf, indem man das obere Ende der langen Röhre mit einer Luftsaugpumpe und das obere Ende der kurzen Röhre mit dem zu untersuchenden Gasgemenge verbindet. Nöthigenfalls leitet man das Gas zum Trocknen oder zur Entfernung unerwünschter Beimengungen vorher durch Trockenvorrichtungen und Absorptionsapparate. Bei unseren Bestimmungen wurde die Feuchtigkeit der Luft mit dem August'schen Psychrometer bestimmt. Während der Füllung mit dem Gasgemenge wurden die Flaschen in Behälter (gewöhnliche Gläser) mit Wasser gestellt, deren Temperatur mit einem genauen Thermometer gemessen wurde, welches in $^1/_{10}$-Grade getheilt und nach einem Normalthermometer verificirt war. Am günstigsten ist es, wenn die Temperatur des Gasgemenges dieselbe ist, wie die Temperatur des Wassers, oder ihr wenigstens sehr nahe kommt. Diese Bedingung ist leicht zu erfüllen. Im Winter, bei einer Temperatur unter 0^0, braucht man bei einer Analyse der atmosphärischen Luft die Flaschen nicht in's Wasser zu stellen; man kann die ganze Operation im Freien ausführen und muss den Apparat nur zum Umschütteln ins Zimmer bringen. Wenn die Luft in der Flasche die Temperatur des Wassers erreicht hat, verbindet

Digitized by Google

man den Schlauch der langen Röhre mit dem Ende einer Bürette und fügt aus derselben rasch, ohne die Flasche aus dem Wasser zu nehmen, 15 ccm der Manganchlorürlösung von der oben erwähnten Concentration hinzu. Die von dem Reagens aus der Flasche verdrängte Luft lässt man ausströmen, indem man für einige Augenblicke den Quetschhahn an der kurzen Röhre öffnet. Nachdem man 15 ccm $MnCl_2$ hinzugefügt, entfernt man den Schlauch von der Bürette mit Mangan und befestigt ihn an einer zweiten Bürette, in welcher sich eine Lösung von Natronlauge und Jodkalium befindet und fügt ebenso, ohne den Kolben aus dem Wasser zu entfernen, 15 ccm von dieser Lösung hinzu. (Es ist zweckmässig, beide Büretten an einem Stativ zu befestigen.) Nach Beendigung dieser Operationen verschliesst man die Kautschukschläuche mit den Quetschhähnen und ausserdem noch mit Glasstäbchen und schüttelt den Inhalt mit den Händen einige Mal stark durch; auf diese Weise erhält man in der Flasche ein recht leicht bewegliches Gemenge, in welchem sich suspendirtes Manganoxydul befindet. Sodann legt man die Flaschen auf die Seite, um die Absorptionsfläche zu vergrössern und schüttelt, um die Absorption zu beschleunigen, häufig und andauernd, entweder mit den Händen oder vermittelst Schüttelapparate. Wenn die Temperatur der zu analysirenden Luft bedeutend niedriger ist, als die Zimmertemperatur, so muss man die Flasche in den Schnee oder in eine Kältemischung legen, sie dann erst zum Schütteln in's Zimmer tragen und im Lauf der ersten Stunde unter Schnee halten, da die Absorption langsam vor sich geht und in Folge der hohen Aussentemperatur der Druck im Inneren der Flasche sich steigern kann, was nicht wünschenswerth ist.

Anzeichen für das Eintreten des Endmoments der Reaction.

Schon beim Beginn des Schüttelns ändert sich die Farbe der Emulsion in der Flasche, sie geht von Weiss in Braun und dann allmählich fast in Schwarz über. Diese schwarzbraune Färbung entsteht in Folge der Bildung von Manganoxyd und vielleicht auch Superoxyd und hält so lange an, als sich noch

Digitized by Google

im Gasgemenge Sauerstoff befindet und der Prozess der Absorption noch stattfindet. Nach Verlauf einer bestimmten Zeit tritt ein scharf markirter Uebergang der schwarz-braunen Färbung in eine gelb-braune ein; letztere erinnert an die Farbe von gekochter Chocolade oder von gestossenen Ziegeln. Das Erscheinen dieser gelb-braunen Färbung, welche sich bei weiterem Schütteln und Stehen nicht verändert, dient eben als Anzeichen für das Eintreten des Endmoments der Reaction. Allem Anschein nach hängt die Aenderung der Farbe damit zusammen, dass sich rothes intermediäres Manganoxyd bildet und zwar auf Kosten des Manganoxyds, welches aus dem Oxydul in Folge der Oxydation desselben durch den Sauerstoff entsteht, und auf Kosten des Ueberschusses an Manganoxydul, welcher an der Reaction nicht theilnimmt. Der Prozess der Absorption ist, wenn man häufig umschüttelt und Apparate von 150 ccm Inhalt benutzt, etwa nach 4 bis 5 Stunden zu Ende. Das Schütteln mit Automaten trägt nicht wesentlich zur Beschleunigung der Reaction bei. Um uns vollkommen davon zu überzeugen, dass aller Sauerstoff absorbirt sei, liessen wir auch nach Aenderung der Farbe die Flaschen ruhig 12 Stunden lang stehen, gewöhnlich die Nacht über. Bei dem Gebrauch von Kautschukschläuchen und Stöpseln ist es nicht rathsam, die Kolben länger als eine Nacht stehen zu lassen, da Manganoxyd von dem Kautschuk theilweise reducirt wird.

Nach Ablauf dieser Zeit bringt man mit einer 25 ccm fassenden Pipette concentrirte Salzsäure durch die lange Röhre in den Kolben. In Folge des verringerten Drucks in dem Apparat dringt die Säure, sobald man den Quetschhahn an der langen Röhre öffnet, rasch in die Flasche, wobei darauf zu achten ist, dass kein Luftbläschen von aussen hineingelangt; nun schliesst man den Quetschhahn, schüttelt ein wenig den Inhalt des Apparates, legt den Kolben auf die Seite und lässt ihn so einige Minuten liegen, bis der Niederschlag sich gelöst hat. Man erhält auf diese Weise Jod in Jodkalium gelöst und titrirt dasselbe, nachdem man Stärkelösung hinzugefügt, mit Natriumthiosulfat, bis

die blaue Farbe verschwindet; hat man $^1/_{10}$ normale Lösung von $Na_2S_3O_3$, so titrirt man, ohne den Inhalt aus dem Apparat zu entfernen. Bei schwächeren Lösungen bringt man die Flüssigkeit aus dem Apparat in eine Flasche mit einem eingeschliffenen Glasstöpsel von 300 ccm Inhalt und fügt 100 ccm Wasser hinzu.

Berechnung der bei der Analyse erhaltenen Resultate.

Um das Volumen des zu untersuchenden Gasgemenges zu bestimmen, muss man kennen:

a) den Barometerstand zu der Zeit, als die Probe entnommen wurde, und denselben auf 0° reduciren; bezeichnen wir ihn mit V^0,

b) die Temperatur der zu untersuchenden Luft — t^0,

c) das Volumen der Luft bei der Temperatur t^0, d. h. den Inhalt des Apparates, den man zur Analyse benutzt, nennen wir es — V',

d) falls man das Gasgemenge, bevor man es in den Apparat geleitet, nicht getrocknet hat, so muss man die absolute Feuchtigkeit bestimmen und dieselbe in Millimetern der Quecksilbersäule ausdrücken, die auf diese Weise gefundene Feuchtigkeit bezeichnen wir mit — h,

e) das gefundene Volumen des Gasgemenges bei 0° und normalem Druck — V^0,

f) den Ausdehnungscoëfficienten der Gase — α,

g) die Menge der bei der Analyse verbrauchten Reagentien = 30 ccm.

Nach einer bekannten Formel finden wir

$$V^0 = \frac{(V' - 30)(B - h)^1)}{(1 + \alpha t) \cdot 760}.$$

Nehmen wir an, wir hätten beim Filtriren des ausgeschiedenen Jods n ccm einer $^1/_{10}$ normalen Lösung von Natriumthiosulfat verbraucht und jeder Cubikcentimeter derselben entspricht 0,5592 ccm Sauerstoff bei 0° und 760 mm Barometerdruck, so

1) Man kann die Berechnung erleichtern, wenn man die Tabellen von Landolt und Börnstein braucht. Physikalisch-chemische Tabellen, 1894, 2. Aufl.

Digitized by Google

ist die Menge des Sauerstoffs — X, welche in dem Volumen V^0 enthalten ist und in Volumprocenten ausgedrückt wird —

$$X = \frac{0{,}5592 \cdot n \cdot 100}{V^0}.$$

Die Fehler, welche bei dem Verfahren vorkommen können.

1. Die Lösungen von Manganchlorür und die alkalische Jodkaliumlösung enthalten, obgleich sie mit ausgekochtem Wasser bereitet werden, dennoch gewisse Mengen von gelöstem Sauerstoff. Diesen Fehler kann man auf Grund folgender Daten annähernd berechnen: nach König und Kraus enthält 1 l Wasser nach $1^1/_2$ stündigem Kochen bei einer Temperatur von 100° C. — 0,13 — 0,14 ccm Sauerstoff, bei langsamem Erkalten enthält dasselbe Wasser nach 4 Stunden 2,24 ccm Sauerstoff[1]); andererseits enthält Wasser, in welchem Sauerstoff bis zur Sättigung gelöst ist, nach Winkler bei 15° C. — 7 ccm Sauerstoff auf 1 l.[2]) Nehmen wir an, die Löslichkeit des Sauerstoffs in den Lösungen von $MnCl_2$ und KJ + NaOH sei gleich der Löslichkeit desselben in destillirtem Wasser, so finden wir, dass in 30 ccm dieser Lösungen, wenn dieselben aus ungekochtem und mit Sauerstoff gesättigtem Wasser bereitet werden, bei 15° C. — $\frac{7 \times 30}{1000} = 0{,}21$ ccm Sauerstoff enthalten sind; werden die Lösungen aus gekochtem und dann abgekühlten Wasser bereitet, so enthalten sie $\frac{0{,}14 \times 30}{1000}$ bis $\frac{2{,}24 \times 30}{1000}$, d. h. 0,0042 bis 0,0672 ccm Sauerstoff.

   Bereitet man daher die Lösungen ex tempore aus gut ausgekochtem Wasser und kühlt sie rasch ab, so kann man den Fehler bis auf $^4/_{1000}$ ccm reduciren, d. h. bis auf 0 und Maximum bis auf 0,0672 ccm. Fasst unser Apparat 150 ccm und bestimmen wir beispielsweise den

1) Zeitschrift f. analyt Chemie, XIX (1880), H. III, S. 260—268.

2) Bericht der deutsch. chem. Gesellsch., 1889, XXII, S. 1764.

Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft, so müssen wir um 0,067% mehr Sauerstoff erhalten, als er de facto in der Luft vorhanden ist. Dieser Fehler ist nicht grösser, als der Fehler, welchen man bei der Bestimmung des Sauerstoffs nach der eudiometrischen Methode erhält; in Wirklichkeit ist er noch geringer, da die Löslichkeit des Sauerstoffs in concentrirten Lösungen von Manganchlorür und KJ + NaOH bedeutend geringer ist, als in destillirtem Wasser.

2. Bei der Einwirkung von concentrirter Salzsäure auf Jodkalium werden Spuren von Jod ausgeschieden. Man erhält einen Fehler, und zwar ein Plus, doch ist derselbe beim Gebrauch von reinen Präparaten und frisch bereiteten Lösungen so gering, dass man ihn vernachlässigen kann.
3. Die Einwirkung des Manganoxyds auf die Kautschukschläuche und Stöpsel ergibt einen Fehler im entgegengesetzten Sinne. Dieser grösste Fehler ist nicht constant und kann daher nicht genau bestimmt werden (jedenfalls nicht mehr als —0,5%). Hält man die oben angeführten Bedingungen bei der Ausführung der Analyse ein, so wird der Fehler sehr klein sein; vollkommen beseitigt wird er bei dem Specialapparat.
4. Bringt man das Gemenge (KJ + NaOH) in den Apparat, in welchen man schon vorher $MnCl_2$ gegossen, so steigt die Temperatur im Innern des Apparates, da bei der Bildung von $Mn(OH)_2$ Wärme frei wird. Nehmen wir aber an, dass unser Gemenge selbst um 1° C. erwärmt wird, so muss bei einem Volumen von 100 ccm der Fehler (im Sinne des Minus) in Hundertstel Procenten schwanken. Diesen Fehler kann man bis auf ein Minimum reduciren, wenn man möglichst rasch KJ + NaOH eingiesst, den Apparat ins Wasser stellt und nicht weniger als 150 ccm von dem Gasgemenge nimmt.
5. Die Luft in dem Apparat wird durch die Körperwärme des Experimentirenden, während er die Reagentien hinzufügt, erwärmt. Rasches Eingiessen und Aufstellen des Apparates im Wasser beseitigt diesen Fehler vollkommen.

Digitized by Google

6. Fehler beim Titriren in Folge des Gebrauches von concentrirter Natriumthiosulfatlösung. Ein Fehler von ± 0,1 ccm beim Titriren bedingt ein Schwanken der Resultate bei der Bestimmung des Sauerstoffs zwischen ± 0,055 ccm. Gebraucht man ein und dieselben gut calibrirten Büretten mit dem Erdmann'schen Schwimmer und arbeitet möglichst sorgfältig, so kann dieser Fehler bis auf 0 reducirt werden.

Berücksichtigt man alle diese Fehlerquellen, mit Ausnahme der sub 3 angeführten, und nimmt man an, dass der Sauerstoff vollkommen von dem Mangan absorbirt wird, so müsste man auf Grund theoretischer Erwägungen erwarten, dass die Resultate, welche man bei der Bestimmung des Sauerstoffs nach der eben beschriebenen Methode erhält, die factischen Resultate um 0,05 bis 0,10 % übertreffen. In der Praxis ist, infolge des Gebrauches von Apparaten mit Kautschukstöpseln, dieses jedoch nicht der Fall.

Controle des Verfahrens.

Zur Controlle unseres Verfahrens bestimmten wir nach dem Beispiel Prof. Setschenoff's und anderer Autoren[1]) den Sauerstoffgehalt der äusseren atmosphärischen Luft, welcher nach den genauesten Untersuchungen sich als sehr beständig erweist.

Unsere Analysen ergaben folgende Resultate:

I. Atmosphärische Luft aus dem Hof des hygienischen Instituts.

		Volumproc. Sauerstoff			Volumproc. Sauerstoff
1.	25. Februar . . .	20,86	5.	19. März . . .	20,90
2.	4. März { a) 20,87 b) 20,89 }	20,88	6.	2. April . . .	21,08
			7.	10. April . . .	20,97
3.	8. März { a) 20,88 b) 20,94 }	20,91	8.	1. Juni . . .	20,75
			9.	2. Juni . . .	20,91
4.	13. März	20,95	10.	5. Juni . . .	20,84
				Im Mittel	20,905

1) M. Schaternikoff und J. Setschenoff, Ein Beitrag zur Gasanalyse. Zeitschr. f. physikal. Chemie, XVIII, 4, 1895, Separ.-Abdruck.

II. Zimmerluft aus dem hygienischen Laboratorium.

Im Januar.	Volumproc. Sauerstoff
1.	20,89
2. a) 20,61 b) 20,62	20,615
3.	20,96
4.	20,99
5.	20,79
6.	20,89
7.	20,61
8. a) 20,70 b) 20,67	20,685
9. a) 20,52 b) 20,56	20,54

Im Februar.	Volumproc. Sauerstoff
10.	20,46
11.	20,58
Im März.	
12.	20,79
13.	20,56
14. Vor den praktischen Uebungen mit den Studenten: a) — 20,80 b) — 20,81	20,81
15. 3 Stunden nach den Uebungen: a) — 20,60 b) — 20,63	20,62
Im Mittel	20,758 %

Zum Vergleich wollen wir die eben angeführten Daten mit den genauesten von anderen Autoren ausgeführten Bestimmungen des Sauerstoffgehalts der Luft zusammenstellen.

Der Sauerstoffgehalt der Luft in Volumprocenten:

			im Mittel
Nach unseren Bestimmungen Sauerstoff in der äusseren Luft	20,75	bis 21,08	20,905
Nach unseren Bestimmungen Sauerstoff in der Zimmerluft	20,46	» 20,99	20,758
Nach Bunsen[1])	20,84	» 20,97	20,96
» Kreusler[2])	20,867	» 20,991	20,92
» Hempel[3])	20,86	» 21,00	20,93
» Mendelejeff[4]) auf Grund aller genauen Analysen	20,88	» 20,99	20,92

1) R. Bunsen, Die gasometrische Methode, S. 85—92.

2) Biedermann, Centralblatt, 1885, H. 10. Wiedemann's Annal. N. J., Bd. 6, S. 537. Ber. chem. Ges., 20, 991.

3) Derselbe, Centralblatt, 1888, XVII, H. 2. Ber. chem. Ges., 18, 267.

4) Менделѣевъ. Основы Химіи, 1895, стр. 168.

Digitized by Google

Aus dieser Zusammenstellung ersieht man, dass die Resultate, welche wir auf Grund unseres Verfahrens erhielten, im Vergleich mit den nach den genauesten Methoden ausgeführten Bestimmungen des Sauerstoffgehalts der äusseren atmosphärischen Luft als durchaus befriedigend bezeichnet werden müssen.

Wenn man weiter den mittleren Sauerstoffgehalt der äusseren Luft, welchen wir auf Grund unseres Verfahrens bestimmt, — 20,90% mit der mittleren Zahl für die Zimmerluft — 20,758% zusammenstellt, und besonders wenn man die Bestimmungen des Sauerstoffs im Zimmer vor den praktischen Uebungen — 20,81% (No. 14) und nach denselben — 20,62% (No. 15) mit einander vergleicht, so kann man die Hoffnung aussprechen, dass diese Methode bei Bestimmungen en masse die Möglichkeit geben wird, sehr unbedeutende Schwankungen in dem Gehalt an Sauerstoff zu constatiren.

Auf Grund alles bisher Gesagten halten wir uns für berechtigt, unsere äusserst einfache Methode, wie sie eben beschrieben worden ist, für sanitäre und technische Analysen zu empfehlen.

Ueber die Resultate bei der Anwendung unseres Spezialapparates und über einige weitere Vervollkommnungen in der Methodik werden wir seinerzeit Bericht erstatten.

Digitized by Google

Ueber eine neue Methode zur Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit.

Von

Bezirksarzt Dr. **G. Markl.**

(Aus dem chemischen Laboratorium des k. und k. Militär-Sanitäts-Comité in Wien.)

Zur Ermittelung des Feuchtigkeitsgrades der Mauern wurden mehrere Methoden ersonnen, welche sämmtlich darauf basirten, in einer abgewogenen Probe des Mörtelbewurfes einer Mauer den Wassergehalt aus dem Gewichtsverluste nach Austrocknung in wasser- und kohlensäurefreier Atmosphäre gewichtsanalytisch zu bestimmen.

Die älteste von diesen Methoden rührt von Glässgen[1]) her; danach wird die entnommene Mörtelprobe (25 g) in einer Liebig'schen Ente, bei Durchleitung eines Stromes von wasser- und kohlensäurefreier Luft auf freiem Feuer erhitzt, getrocknet und gewogen.

Die Methode von Lehmann und Nussbaum[2]) stellt nur eine Modification des ersterwähnten Verfahrens dar.

Nach derselben werden eine oder auch mehrere Mörtelproben gleichzeitig in Kupferschiffchen in ein Glasrohr eingebracht und in einem wasser- und kohlensäurefreien Luftstrom getrocknet.

Diese letzterwähnte Methode gestattet jedoch nur geringe Quantitäten von Mörtel (2 bis 3 g) zur Untersuchung anzuwenden,

1) Ueber den Wassergehalt der Wände und dessen quantitative Bestimmung. (Zeitschrift für Biologie, X.)

2) Studien über Kalkmörtel- und Mauerfeuchtigkeit. (Arch. f. Hyg., IX.)

ein Umstand, welcher bei der ungleichmässigen Vertheilung des Wassers in einer grobkörnigen und heterogenen Mischung, wie sie der Mörtel eben öfter darstellt, für die Richtigkeit des Untersuchungsergebnisses gewiss nicht von Nachtheil ist.

Um diesem Fehler zu begegnen, hat Emmerich[1]) eine Methode angegeben, welche eine grössere Menge von Mörtel, etwa 120 bis 200 g, also nicht nur Feinmörtel, sondern auch die darin enthaltenen Steine, den Putz- sowie Fugenmörtel zu untersuchen ermöglicht.

Die Mörtelprobe wird zu diesem Behufe mittels einer 1 qdm fassenden Stanze entnommen und im Vacuum getrocknet.

Alle diese Methoden sind gewiss geeignet, den Wassergehalt des Mörtels mehr oder weniger genau zu bestimmen und zur Beurtheilung des Feuchtigkeitsgrades der Wände, abgesehen von der allerdings nicht gleichmässigen Vertheilung des Wassers in Mörtel, beizutragen; dieselben sind jedoch etwas umständlich, ihre Durchführung zu zeitraubend, um bei den Consenscommissionen von Neubauten allgemein angewendet werden zu können.

Aus diesem Grunde werden die genannten Methoden von unseren Praktikern nicht angewendet; man begnügt sich in der Regel bei den Bewohnungs-Consenscommissionen der Neubauten mit der Besichtigung der zu collaudirenden Räume, höchstens macht man die sog. »Schlüsselprobe«, um aus dem Grade der Erhärtung des Mörtelbewurfes einen Schluss auf seinen Wassergehalt ziehen zu können.

Uebrigens, wie könnte man auch die quantitative Untersuchung des Mörtels nach diesen Methoden allgemein durchführen, wo doch zu solchen Untersuchungen, von einem diesbezüglich geschulten Personale abgesehen, auch gewisse kostspielige Instrumente nothwendig sind, welche den mit solchen Bewohnungs-Consenscommissionen betrauten ärztlichen und technischen Organen selbst in grösseren Städten, geschweige denn am flachen Lande nicht zu Gebote stehen?

1) Ueber eine neue Methode zur Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit. (Archiv für Hygiene, XIV.)

Und doch ist die richtige Beurtheilung der Feuchtigkeit der Wände für die Frage, ob ein Raum bewohnbar ist oder nicht, von eminenter Bedeutung; aus der äusseren Besichtigung der Localitäten allein lässt sich darüber kein sicheres Urtheil fällen, weil da mehrere Momente mitspielen, welche bewirken können, dass selbst Fachmänner den Wassergehalt des Mörtels um mehrere Procente unterschätzen.

Aus diesem Grunde halte ich es für angezeigt, im Nachstehenden eine Methode zu beschreiben, welche rasch und bequem, ohne kostspielige Instrumente und besondere Fachkenntnisse an Ort und Stelle der Consenscommission selbst durchführbar ist und dabei für die Praxis ganz brauchbare Resultate liefert.

Ich muss im Vorhinein betonen, dass meine Methode mit der gewichtsanalytischen Bestimmung des Wassergehaltes nicht gleichwerthig ist; aber die Differenzen, welche bei der Berechnung der mit meiner und den üblichen gewichtsanalytischen Methoden erzielten Resultate im Wassergehalte des Mörtels in der That zu Tage treten, sind so gering, dass sie in Anbetracht der grossen Schwierigkeit einer präcisen quantitativen Wasserbestimmung im Wandmauerwerk eines Raumes überhaupt für die Praxis belanglos sein dürften.

Meine Methode beruht auf dem Principe, das freie Wasser des Mörtels mit hochgradigem Alkohol aufzunehmen und die Zunahme des Alkohols an Wasser areometrisch zu bestimmen.

Gegen dieses Princip können theoretisch freilich mehrere Einwendungen erhoben werden. In erster Linie ist zu erwägen, dass Salze aus dem Mörtel in den Alkohol übergehen können, welche das spec. Gewicht desselben erhöhen und einen grösseren Wassergehalt vortäuschen, so dass auf diese Art das Feuchtigkeitsprocent des Mauerwerkes sich höher beziffert, als es thatsächlich ist.

Ein anderer Einwand ist der, dass hochgradiger Alkohol bei der Manipulation aus der Luft und den Gefässen Wasser aufnimmt, welches wieder auf Rechnung des Mörtels geschrieben wird.

Endlich ist zu erwägen, ob durch den Alkohol dem Mörtel wirklich die Gesammtmenge seines Wassergehaltes entzogen wird;

wenn dies wirklich nicht der Fall sein sollte, dann würde man einen unter der Wirklichkeit liegenden Werth erhalten.

Zur Ausführung meiner Versuche habe ich mich mehrerer Areometer bedient, welche zu diesem Zwecke besonders angefertigt wurden. Mit den gewöhnlichen Instrumenten waren nämlich keine exacten Resultate zu erzielen, weil sie zu diesem Zwecke nicht genug empfindlich waren.

Eines von meinen Instrumenten wurde von Kappeller in Wien nach meiner Angabe construirt. Es war das ein 24,5 cm langes Alkoholometer, welches die Gewichtsprocente absoluten Alkohols von 88 bis 100 bei der Temperatur von 15° C. angab. Die einzelnen Theilstriche entsprachen je $^1/_{10}$ Gewichtsprocent, und man war mit Hilfe einer Lupe im Stande, noch die Hälfte eines Theilstriches, also entsprechend $^5/_{100}$ G.-Procent Alkohol abzulesen.

Ein anderes Areometer wurde von Greiner in München geliefert. Dasselbe war 29,5 cm lang und die Skala zeigte das spec. Gewicht Alkohols bei 15,56° C. von 0,7930 bis 0,8240.

Die Theilstriche gaben die Werthe der vierten Decimalstelle an, so dass man auf diesem Instrumente noch $^3/_{100}$ Gewichtsprocente Alkohols abzulesen im Stande war.

Beide Alkoholometer waren mit Thermometern versehen, bei dem ersteren in $^1/_{10}$, bei dem letzteren in $^1/_5$° C. getheilt.

Den Skalen der Instrumente wurde absichtlich ein grösserer Spielraum gegeben, um mit Alkohol verschiedener Concentration experimentiren zu können; nachdem sich jedoch gezeigt hatte, dass nur hochgradiger Alkohol zu dieser Methode anwendbar ist, dürfte man mit einer Skala von 95 bis 100 Gewichtsprocent für alle Fälle das Auskommen finden und würde auch eine solche Reduction der Skala zur Genauigkeit des Alkoholometers noch wesentlich beitragen.

Die Anzeigen beider Alkoholometer stimmten mit genauen piknometrischen Ermittlungen ziemlich gut überein und zwar das Instrument von Greiner bis in die dritte, das von Kappeller noch in die vierte Decimalstelle. Die Angaben des letzteren liegen meinen Untersuchungen zu Grunde.

Bei diesen bin ich so vorgegangen, dass in Mörtelproben von verschiedenem Wassergehalte das Wasser jedesmal gewichtsanalytisch und zugleich areometrisch bestimmt wurde.

Mörtelproben, welche Grobmörtel und Steine enthielten, wurden immer zuerst durchgesiebt und der Wassergehalt des Feinmörtels und der Steine gesondert bestimmt, weil man sonst die Resultate der gewichtsanalytischen und areometrischen Bestimmung nicht vergleichen könnte.

Zu der gewichtsanalytischen Bestimmung wurden in der Regel etwa 25 g Mörtel genommen. Die Proben wurden entweder in Kupferschiffchen, welche in weiten, mit Drahtnetz umgebenen und einer directen Erhitzung ausgesetzten Glasröhren eingeschoben waren, oder in Erlenmayer'schen Kölbchen, die im Trockenschranke bei 105 bis 110° gehalten wurden, getrocknet. Während des Trocknens wurde in beiden Fällen von Kohlensäure und Wasser befreite Luft durchgesaugt.

Das Trocknen des Mörtels im Trockenschranke, bei constanter, nicht viel über 100° hinausgehender Temperatur, erwies sich nämlich insbesondere bei ziemlich trockenen Mörtelproben als vortheilhaft, weil diese Proben rasch austrocknen und leicht überhitzt werden können, so dass auch ein Theil von Kalkhydrat und vielleicht auch organischen Substanzen sich zerlegen und einen Gewichtsverlust, welcher auf Rechnung des Wassergehaltes geschrieben werden könnte, bedingen.

Zu den areometrischen Bestimmungen wurde hochgradiger Alkohol (über 99 Gewichtsprocent) angewendet und zwar in einer constanten Menge von 150 ccm für jede Probe.

Die Menge des angewendeten Alkohols in Grammen wurde jedesmal aus dem spec. Gewichte desselben mit Berücksichtigung der Temperatur bestimmt.

Zur Untersuchung wurden Proben von 10, 25 und 50 g Mörtel angewendet, welche, nachdem sich gezeigt hatte, dass bei der Abwägung der Proben die zweite Decimalstelle in Grammen vernachlässigt werden kann, auf einer Tara- bezw. Apothekerhandwage abgewogen wurden.

Aus diesen Beispielen ist zu entnehmen, dass mit der areometrischen Methode in der Regel höhere Werthe resultiren, als mit der gewichtsanalytischen Bestimmung. Die Differenzen sind jedoch im allgemeinen nicht bedeutend und für die Praxis fast vollkommen belanglos, indem sie nur etwa 0,1 % betragen und sich ganz ausnahmsweise höher beziffern, aber selbst dann in keinem Falle 0,5 % übersteigen.

Unter Umständen erzielt man jedoch mit der areometrischen Methode geringere Werthe, als mit der gewichtsanalytischen Bestimmung, insbesondere, wenn man für die Untersuchung ziemlich trockenen Grobmörtel mit grösseren Steinen angewendet hat.

Um nun die möglichen Fehlerquellen der beschriebenen Methode aufzudecken, habe ich zuerst vollkommen ausgetrocknete Mörtelproben mit abgewogenen Mengen destillirten Wassers versetzt und das Wasser nachher areomatisch bestimmt.

Bei einem solchen Versuche wurde 2,9034 g Wasser zugesetzt und 3,0038 g Wasser gefunden. Bei einem anderen Versuche wurde 2,067 g Wasser zugesetzt und 2,090 g Wasser gefunden.

Es wird somit bei der areometrischen Bestimmung mehr Wasser gefunden, als in dem Mörtel thatsächlich vorhanden war, was offenbar dem Umstande zuzuschreiben ist, dass ausser dem Wasser auch Salze aus dem Mörtel aufgenommen werden, welche das spec. Gewicht des Alkohols beeinflussen.

Es ist zugleich zu sehen, dass der Fehler, welcher aus diesem Grunde entsteht, desto kleiner wird, je weniger Wasser der Mörtel enthält, was wohl a priori zu erwarten war, da wasserfreier Alkohol nur wenig an Salzen aufzulösen im Stande ist.

Dieser Umstand fällt aber für die Praxis kaum in's Gewicht, weil bei dem ersterwähnten Versuche, wo über 2,9 g Wasser zu 25 g Mörtel zugesetzt worden war, also der Wassergehalt des Mörtels 11,6 % betrug, nur um 0,1 g Wasser mehr in der Probe gefunden wurde, was 0,4 % mehr im Wassergehalt des Mörtels entsprechen würde.

Bei einem so wasserreichen Mörtel ist es aber meiner Ansicht nach für die Praxis ziemlich gleichgiltig, ob man

Digitized by Google

den Wassergehalt richtig mit 11,6% oder um 0,4% höher ermittelt.

Dass die höheren Werthe an Wassergehalt, welche mit der areometrischen Methode resultiren, thatsächlich durch das Auflösen von Salzen in Alkohol bedingt sind, wurde auf die Art nachgewiesen, dass 25 g vollkommen ausgetrockneten Mörtels mit 150 ccm Alkohol versetzt und das spec. Gewicht dieses vor und nach Auslaugung des Mörtels bestimmt wurde.

Dabei hat sich gezeigt, dass sich das spec. Gewicht des Alkohols um 0,0002 erhöht hatte, was 0,06 Gewichtsprocent Wasser vortäuschen würde.

Man würde sonach, insoferne dieser fast über die Grenze der Genauigkeit des mir zu Gebote stehenden Alkoholometers hinausgehende Versuch einwandfrei erscheint, bei Anwendung von 25 g Mörtel und 150 ccm Alkohol den Wassergehalt etwa um 0,28% höher finden, als er thatsächlich ist.

Um jene Quantität von Salzen, welche die Zunahme des spec. Gewichtes des Alkohols um zwei Einheiten in der vierten Decimalstelle bedingt haben, direct zu ermitteln, wurde eine Portion des Alkohols nach Digestion des Mörtels abfiltrirt, verdampft und der Trockenrückstand bestimmt; derselbe betrug für die angewendeten 150 ccm Alkohol 0,135 g.

Bei weiteren diesbezüglichen Versuchen, welche mit einem Mörtel von 10,4% Wassergehalt vor und nach erfolgter Austrocknung desselben bis zu einem Wassergehalte von 3,2% in der Art angestellt waren, dass je 150 ccm Alkohol mit verschiedenen Mengen von 5, 25 und 50 g Mörtel versetzt und der Trockenrückstand des abfiltrirten Alkohols bestimmt wurde, resultirten folgende Werthe:

Tabelle II.

Mörtelprobe	5 g	25 g	50 g
Trockenrückstand bei getrocknetem Mörtel .	0,048	0,1476	0,3396
Trockenrückstand bei nassem Mörtel . . .	0,0612	0,4380	0,8580

Digitized by Google

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass das Auflösungsvermögen des Alkohols für Mörtelsalze fast ausschliesslich von dem Wassergehalte desselben bedingt ist. Die Menge des angewendeten Mörtels an und für sich spielt dabei eine untergeordnete Rolle, obzwar nicht zu verkennen ist, dass dieses Auflösungsvermögen und folglich auch der daraus resultirende Fehler am geringsten ist, wenn man beim wasserarmen Mörtel mittlere Quantitäten (etwa 25 g), bei wasserreichen kleinere Proben zur Untersuchung verwendet.

Zugleich hat sich herausgestellt, dass die Einwirkungsdauer des Alkohols auf den Mörtel ganz belanglos ist, und dass sich unter sonst gleichen Bedingungen immer die gleiche Menge von Salzen auflöst, ob der Alkohol einige Minuten oder mehrere Stunden mit Mörtel in Berührung war.

Es hat sich weiter gezeigt, dass die Menge der aufgelösten Salze in Alkohol, einen gleichen und sehr niedrigen Wassergehalt vorausgesetzt, fast unverändert bleibt, ob man nun grössere oder geringere Quantitäten Mörtels mit Alkohol behandelt. Bei einer trockenen Mörtelprobe von 10 g, welche mit 150 ccm Alkohol ausgezogen wurde, betrug nämlich der Trockenrückstand des Alkohols 0,1368 g. Bei einer anderen Probe desselben Mörtels von 25 g betrug derselbe 0,1354 g, d. h. sehr trockene Mörtelarten geben an hochgradigen Alkohol nur Wasser und keine oder nur geringe Mengen von Salzen ab.

Um einen weiteren Aufschluss darüber zu erlangen, inwieferne die aus dem Mörtel in Alkohol übergehenden hygroskopischen Salze — es handelt sich thatsächlich um solche — das spec. Gewicht des Alkohols zu beeinflussen im Stande sind, wurden grössere Mengen von solchen hier in Betracht kommenden Salzen in vollkommen trockenem Zustande mit je 150 ccm Alkohol bestimmten spec. Gewichtes versetzt und einerseits die Differenz zwischen dem ursprünglichen und dem so erhöhten spec. Gewichte des Alkohols, andererseits der Trockenrückstand desselben bestimmt.

Ueber die erzielten Resultate geben folgende Zahlen Auskunft:

Tabelle III.

Von	Löslich in 150 ccm Alkohol	Bedingt Zunahme an spec. Gewicht	Täuscht Wassergehalt vor
$Ca(OH)_2$	0,204 g	0,0001	0,04 Gew.-Proc.
$NaCl$	0,038 »	0,0002	0,07 »
$NaNO_3$	0,156 »	0,0004	0,11 »
$Ca(NO_3)_2$	0,891 »	0,0049	1,6 »
$CaCl_2$	1,000 »	0,0055	1,8 »

Daraus ist zu entnehmen, dass dem Kalkhydrat und Chlornatrium nur eine untergeordnete Rolle in Bezug auf die Erhöhung des spec. Gewichtes des mit diesen Salzen in Berührung kommenden Alkohols zukommt, während die Anwesenheit des Natriumnitrats, insbesondere aber des Calciumnitrats und Calciumchlorids im Mörtel durch ihre starke Beeinflussung des spec. Gewichtes sicher zu gröberen Fehlern Anlass geben müsste, wenn diese Salze in nennenswerther Menge im Mörtel vorkommen sollten; das ist aber nicht der Fall.

Wenn man nun die Ergebnisse dieser Versuche zusammenfasst, so muss man zu dem Schlusse gelangen, dass man infolge der Löslichkeit der Mörtelsalze in Alkohol mit der areometrischen Methode um mehrere $^1/_{10}\%$ höhere Werthe finden sollte, als der Wirklichkeit entspricht.

Trotz dieser Thatsache habe ich jedoch bedeutendere Differenzen nie gefunden.

Der Grund dafür dürfte wohl darin liegen, dass nicht alles im Mörtel enthaltene Wasser in Alkohol übergeht, sondern ein geringer Theil von gröberen Mörtelpartikelchen, insbesondere Steinen zurückgehalten wird.

Dass es wirklich so ist, davon habe ich mich durch parallele gewichtsanalytische und areometrische Untersuchungen von Mörtelsteinen überzeugt, wo ich regelmässig bei den areometrischen Bestimmungen niedrige Werthe erhielt.

Es ist dies auch ganz begreiflich: das in den feinen Poren der Steine eingeschlossene Wasser wird durch die Hitze leichter ausgetrieben, als es in den Alkohol übergeht.

Digitized by Google

Es ist nun klar, dass die besprochene Methode mit zwei Fehlern behaftet ist, welche jedoch zufällig insoferne sich compensiren, dass der Fehler im Resultate weniger als $^1/_2\,\%$ beträgt, so dass diese Methode für die Praxis gut verwendbar sein dürfte.

Den erwähnten Fehlern vollständig zu begegnen, davon kann freilich keine Rede sein, man kann sie jedoch auf ein Minimum reduciren, und es würde sich zu diesem Behufe nach dem Vorausgesagten empfehlen, bei einem wasserarmen Mörtel mittlere Quantitäten, etwa 25 g, bei einem wasserreichen jedoch geringere Mengen im Verhältnisse zu der Alkoholmenge zur Untersuchung anzuwenden und bei einem Grobmörtel den Alkohol längere Zeit einwirken zu lassen.

Dass man bei der Ablesung des Alkoholometers, sowie der Temperatur sehr genau vorgehen muss, braucht kaum hervorgehoben zu werden, und ich möchte nur darauf aufmerksam machen, dass es unter allen Umständen auch hier vortheilhafter ist, die Tangente des Flüssigkeitsmeniskus abzulesen. Selbstverständlich dürfte man durch Construction empfindlicher Instrumente, deren Scala sich nur innerhalb 2—3 Gewichtsprocenten bewegen würde, noch viel genauere Resultate erwarten, worüber weitere Untersuchungen berichten sollen.

Was die mögliche Einwendung anbelangt, dass unter gewissen Umständen, insbesondere bei Anwendung von hartem Wasser zur Mörtelbereitung, hygroskopische Salze im Mörtel in grösserer Menge vorkommen könnten, welche dann die Resultate wesentlich beeinflussen würden, ist zu bemerken, dass bezüglich des Kochsalzes, sowie auch des Kalkhydrates dieser Einfluss ganz unbedeutend wäre, weil diese Salze in Alkohol sehr wenig löslich sind.

Die Nitrate der Alkalien, sowie insbesondere das Chlorcalcium, würden allerdings, in grösserer Menge anwesend, einen bedeutenderen Fehler verursachen, jedoch sind diese Salze im Mörtel unter gewöhnlichen Verhältnissen in nennenswerther Menge nicht vorhanden.

Sollte dies aber ausnahmsweise vorkommen, so würde der Wassergehalt des Mörtels zu einer Grösse ansteigen, die sich

schon der einfachen Besichtigung bemerkbar machen und nachher durch die alkoholometrische Probe quantitativ festgestellt werden müsste. Ausserdem würde der Rückstand aus einer grösseren Menge des verwendeten Alkohols ein beträchtlicher und nach seiner Qualität leicht zu erkennen sein.

Die Ergebnisse des voranstehend geschilderten Verfahrens mögen am Schlusse kurz zusammengefasst werden.

Starker Alkohol entzieht dem Mörtel nahezu ebenso quantitativ das Wasser, als es durch anhaltendes Erhitzen unter den erforderlichen Cautelen ausgetrieben wird.

Demnach entspricht die Gewichtszunahme des mit Mörtel durchgeschütteten starken Alkohols ebenso dem Wassergehalt des Mörtels, wie der Gewichtsverlust des letzteren durch vorsichtiges Erhitzen.

Die alkoholometrische Bestimmung des Wassergehaltes des Mörtels bietet für die praktische Ausführung vor der Glühbestimmung so bedeutende Vortheile, dass die Prüfung des Verfahrens auf seine Fehlerquellen, bzw. auf den Grad seiner Richtigkeit angezeigt erscheint. Die alkoholometrische Bestimmung des Wassergehaltes im Mörtel kann niedrigere Resultate liefern als die Glühbestimmung — es ist dies der seltenere Fall, wenn namentlich mit grösseren Steinen vermengter Grobmörtel der Untersuchung unterzogen wird. Die Differenzen sind für die Praxis ohne Belang.

Zumeist aber liefert die alkoholometrische Ermittelung höhere Resultate als die Glühbestimmung. Sie sind zurückzuführen auf die Aufnahme kleiner Mengen von Salzen aus dem Mörtel und sind dementsprechend sehr gering, um so geringer, je wasserarmer der Mörtel ist. Der hiedurch entstehende Fehler kommt für praktische Verhältnisse gleichfalls nicht mehr in Betracht.

Für gewöhnlich kommen im Mörtel Mineralsalze, welche in starkem Alkohol löslich sind, nur spurenweise vor. Bei ausnahmsweisem Gehalte an wassergierigen Chloriden und Nitraten der Alkalien, insbesondere aber des Calciums und Magnesiums, ist der Mörtel wasserreich. Die Hauptmenge der Gewichtszunahme

Digitized by Google

des Alkohols kommt dann wieder auf Rechnung des Wassers, und die Gewichtsvermehrung durch aufgenommene Salze spielt abermals eine untergeordnete Rolle.

Mit den genannten Salzen erheblich behaftete Mörtelsorten würden unter allen Umständen die Probe nicht bestehen.

Die alkoholometrische Bestimmung des Wassergehaltes im Mörtel gibt somit hinreichend genaue Resultate und ist mit Rücksicht auf ihre leichte Durchführbarkeit für praktische Verhältnisse besonders geeignet.

Zum Schlusse erfülle ich noch die angenehme Pflicht, dem Herrn Obersanitätsrath, Oberstabsarzt Professor Dr. Kratschmer für die Anregung zu dieser Arbeit und seine vielseitige Unterstützung meinen innigsten Dank auszudrücken.

Bericht über die Untersuchung des Berliner Leitungswassers in der Zeit vom April 1894 bis December 1897.

Von

Prof. Dr. **Carl Günther** und Dr. **O. Spitta.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Seit dem Juli 1884 ist das Berliner Leitungswasser in regelmässigen Zwischenräumen bacteriologisch und chemisch untersucht worden, und zwar zuerst im Kaiserl. Gesundheitsamte, später im hygienischen Institute. Die bezüglichen Untersuchungen sind von Wolffhügel[1]), Plagge und Proskauer[2]), Proskauer[3]), Günther und Niemann[4]) publicirt worden; die genannten Publicationen betreffen die Zeit bis März 1894.

Die weiteren Untersuchungen, bis zum December 1897, sind Gegenstand des folgenden Berichtes; vom 1. Januar 1898 ab wird die hygienische Untersuchung des Berliner Leitungswassers durch Organe der Stadt Berlin selbst ausgeführt.

Die Stadt Berlin wird bekanntlich mit Oberflächenwasser versorgt, welches vor dem Gebrauche einer Filtration durch Sand unterworfen wird. Das Rohwasser entstammt zwei verschiedenen

---

1) Wolffhügel, Arbeiten aus d. kais. Gesundheits-Amte, Bd. 1, 1886, S. 1 u. 563.

2) Plagge und Proskauer, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 2, 1887, S. 401.

3) Proskauer, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 9, 1890, S. 103 u. Bd. 14, 1893, S. 250.

4) Günther und Niemann, Archiv f. Hyg., Bd. 21, 1894, S. 63.

Digitized by Google

Stellen: dem sogenannten Tegeler See, welcher eine Ausbuchtung der Havel, und dem Müggelsee, welcher eine Ausbuchtung der Spree darstellt. Die beiden genannten Wasserbecken sind ihrer Lage nach der Verunreinigung durch Schiffahrtsverkehr, Fabrikanlagen etc. kaum ausgesetzt, als Bezugsquellen für das Rohwasser demnach besonders geeignet.

Das (im Jahre 1888 vollendete) Tegeler Wasserwerk besitzt 21 überwölbte (und dadurch vor Frost geschützte) Filterbassins mit einer gesammten filtrirenden Sandfläche von rund 50000 qm; die maximale Leistungsfähigkeit pro 24 Stunden beträgt rund 86000 cbm[1]). Von dem Müggelseewerk, welches zuerst 1893 dem Betriebe übergeben wurde, sind zur Zeit drei Viertel der gesammten Anlage fertig und zum grössten Theile in Betrieb; diese drei Viertel umfassen 34 überwölbte Filterbassins mit je 2330 qm filtrirender Sandfläche; die Leistungsfähigkeit dieses Werkes pro 24 Stunden beträgt zur Zeit rund 100000 cbm[2]). Bezüglich der Einrichtungen der Berliner Wasserwerke, sowie bezüglich der Wasserfiltration durch Sand im allgemeinen verweisen wir auf die oben citirten Untersuchungen, sowie auf die Arbeiten von Piefke[3]) und von R. Koch[4]). Zum Verständnis des Folgenden möge noch bemerkt werden, dass das Tegeler Werk sein filtrirtes Wasser zunächst einem in Charlottenburg befindlichen Hochbehälter zuführt, welcher das Wasser dann in das Rohrsystem der Berliner Wasserleitung drückt; in analoger Weise ist zwischen das Müggelsee-Werk und das Rohrsystem der Berliner Wasserleitung ein Hochreservoir auf dem Plateau oberhalb Lichtenbergs eingeschaltet.

Die Untersuchungen des Wassers wurden, wie früher, in der Weise vorgenommen, dass an zwei bestimmten Tagen in jedem

---

1) Die genannten Angaben verdanken wir der Freundlichkeit des Herrn Splittgerber, Betriebsleiter des Tegeler Werkes.

2) Diese Angaben verdanken wir Herrn Ingenieur G. Anklam, Betriebsleiter des Müggelsee-Werkes.

3) Piefke, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 7, 1889, S. 115, Bd. 8, 1890, S. 331, Bd. 16, 1894, S. 151.

4) R. Koch, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 14, 1893, S. 393.

Digitized by Google

Monat (gewöhnlich am 1. und 15.) 1. das unfiltrirte Rohwasser von der Schöpfstelle eines jeden Wasserwerks, 2. das filtrirte Mischwasser von jedem Wasserwerke, 3. das Wasser aus dem Hochreservoir zu Lichtenberg[1]), 4. das Wasser aus der Saugekammer und dem Reservoir des Charlottenburger Hochbehälters, 5. das Wasser von fünf verschiedenen Stellen der Wasserleitung innerhalb der Stadt Berlin einer bacteriologischen und einer chemischen Prüfung unterworfen wurde.

I. Die bacteriologische Prüfung.

Dieselbe bezog sich stets auf die Ermittelung der Anzahl der in 1 ccm des Wassers vorhandenen entwickelungsfähigen Keime. Die Wasserprobe wurde zum Zwecke der Untersuchung in der bekannten Weise in sterilisirten, mit sterilisirtem Wattepfropf versehenen Erlenmeyer'schen Kölbchen aufgefangen, umgehend in das Laboratorium gebracht und dort möglichst sofort weiter behandelt; d. h. das Wasser wurde zunächst kräftig durchgeschüttelt, um etwa zu Boden gegangene Keime aufzurühren und eine gleichmässige Vertheilung der suspendirten Dinge herbeizuführen, und es wurde dann mit sterilisirter Messpipette eine abgemessene Quantität des Wassers entnommen und mit ca. 10 ccm geschmolzener, 30 bis 40° C. warmer Nährgelatine innig vermischt. Das Gemisch wurde auf sterilisirte Glasplatten ausgegossen, die nach dem Erstarren der Gelatine in der feuchten Kammer bei Zimmertemperatur der weiteren Entwickelung überlassen wurden. Nach 2 bis 4 Tagen wurden die entwickelten Colonien mit Hilfe des von Mie[2]) modificirten Wolffhügel'schen Colonienzählapparates gezählt, und die gefundene Anzahl wurde auf 1 ccm Wasser umgerechnet. So wurden die in der folgenden Tabelle aufgeführten Zahlen erhalten.

1) Das Wasser dieser Entnahmestelle kam erst vom 15. August 1894 ab zur Untersuchung.

2) Mie, Hygien. Rundschau, 1894, S. 294.

Digitized by Google

Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser:

Datum der Untersuchung	Müggelsee-Wasser, unfiltrirt	Müggelsee-Wasser, filtrirt	Hochreservoir zu Lichtenberg	Tegeler Wasser, unfiltrirt	Tegeler Wasser, filtrirt	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	Wasser in der Stadt W., Wilhelmstr 75	Wasser in der Stadt SW., Wilhelmstr 117	Wasser in der Stadt SO., Schmidtstr 16	Wasser in der Stadt NW., Friedrichstr 126	Wasser in der Stadt C., Weinmeisterstr 15
2. April 1894	1 400	26		125	20	96	35	38	40	24	31	18
16. » »	630	unpünktl. gelief.		190	18	550	76	54	38	26	42	48
1. Mai »	500	46	—	90	60	372	78	56	92	70	46	30
15. » »	480	40	—	70	38	140	56	40	54	44	58	84
1. Juni »	720	22		53	26	72	28	36	60	36	36	38
15. » »	5 240	60		70	12	46	68	52	50	46	32	24
2. Juli »	1 400	62		54	60	140	56	64	120	38	58	38
16. » »	4 200	120		80	24	58	26	54	54	132	48	104
1. August »	2 600	82	—	1 700	98	192	206	114	62	70	108	136
15. » »	1 920	66	42	224	16	28	30	228	148	32	350	46
1. Septbr. »	11 700	54	41	392	28	378	82	64	148	54	320	98
15. » »	2 560	64	34	166	50	25	unzählige	60	128	60	56	38
1. Oktbr. »	500	70	46	98	62	700	1 008	22	16	40	16	26
15. » »	2 000	64	62	180	24	26	42	38	70	48	62	96
1. Novbr. »	1 920	32	38	178	34	40	42	16	28	42	34	28
15. » »	1 250	46	32	110	18	22	28	16	28	38	20	20
1 Dezbr. »	2 100	62	42	120	12	420	240	34	208	52	78	52
15. » »	5 950	260	144	300	86	240	106	62	72	120	90	62
2. Januar 1895	1 370	74	54	416	24	164	72	30	26	44	36	8
15. » »	800	38	70	300	22	1 800	1 600	34	34	48	28	50
1. Febr. »	770	54	46	50	14	68	58	22	20	38	22	28
15. » »	290	48	60	22	92	240	970	40	42	54	38	40
1. März »	550	40	42	22	24	560	200	56	64	46	20	46
15. » »	620	32	36	400	38	480	520	28	38	36	40	250
1. April »	520	32	46	210	22	120	170	38	40	38	28	24
16. » »	7 000	80	32	360	18	14 000	280	26	36	68	44	34
1. Mai »	2 330	90	54	86	32	1 320	3 500	42	80	54	52	56
15. » »	700	38	48	86	78	264	2 100	26	38	32	28	28
1. Juni »	840	48	26	112	34	380	360	48	92	32	50	64
15. » »	110	40	28	130	12	320	62	30	98	28	70	70
1. Juli »	420	46	32	350	28	230	412	108	118	50	130	30
15. » »	350	86	44	98	34	480	820	194	138	38	82	30
1. August »	2 300	58	26	700	120	202	3 500	142	106	12	40	34
15. » »	340	164	32	160	24	260	198	288	176	74	124	104
2. Septbr. »	20 000	210	Platte verflüss.	1 080	2 160	Platte verflüss.	Platte verflüss.	180	108	52	38	24
16. » »	124	68	28	78	2	640	460	40	50	134	72	86

Datum der Untersuchung	Müggelsee-Wasser, unfiltrirt	Müggelsee-Wasser, filtrirt	Hochreservoir zu Lichtenberg	Tegeler Wasser, unfiltrirt	Tegeler Wasser, filtrirt	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	Wasser in der Stadt W., Wilhelmstr 75	Wasser in der Stadt SW., Wilhelmstr 117	Wasser in der Stadt SO., Schmidtstr 16	Wasser in der Stadt NW., Friedrichstr 126	Wasser in der Stadt C., Weinmeisterstr 15
1. Oktbr. 1895	40	56	36	10	2	170	96	92	220	40	168	30
15. » »	120	46	1 500	66	30	62	460	100	198	72	200	42
1. Novbr. »	120	58	34	70	12	660	96	56	54	52	36	32
15. » »	270	52	46	160	176	160	226	100	180	46	50	44
2. Dezbr. »	480	40	120	170	12	360	1 180	26	24	104	24	72
16. » »	1 500	52	82	420	26	260	240	22	18	98	24	62
2. Januar 1896	1 540	20	30	140	32	4 200	6720 000	24	30	42	52	46
15. » »	1 470	54	66	92	34	320	186	26	42	44	24	66
1. Febr. »	1 220	100	138	500	48	2 800	166	104	102	102	72	60
15. » »	1 820	104	56	1 300	54	190	152	80	80	52	300	38
2. März »	1 400	56	32	128	170	360	1 120	94	92	54	174	44
16. » »	550	28	20	204	36	412	82	20	16	18	20	24
1. April »	90	52	58	114	16	320	112	26	24	38	14	34
15. » »	200	120	260	240	22	1 040	1 100	26	22	50	18	34
1. Mai »	1 600	32	44	110	24	1 260	1 680	24	36	74	40	50
15. » »	200	44	22	136	26	500	1 880	34	54	26	12	58
1. Juni »	170	16	22	90	24	2 700	720	42	46	50	48	50
15. » »	94	88	60	160	80	360	128	216	140	40	192	56
1. Juli »	300	50	26	480	46	840	162	54	68	54	86	76
15. » »	60	54	24	140	28	208	3 080	46	48	30	64	22
1. August »	76	18	8	60	18	156	26	116	162	12	432	24
15. » »	440	20	22	58	26	68	224	80	52	20	66	92
1. Septbr. »	74	8	34	274	96	158	300	46	94	72	170	742
15. » »	60	50	24	160	6	1 550	620	80	78	58	120	52
1. Oktbr. »	70	60	48	420	16	160	92	46	58	44	164	34
15. » »	110	44	56	92	22	136	44	320	48	160	76	60
2 Novbr. »	180	52	38	134	18	540	610	54	74	30	66	58
16. » »	1 400	76	56	132	14	90	96	32	32	50	22	20
1. Dezbr »	7 600	210	60	96	14	552	180	34	30	140	96	52
15. » »	1 680	92	120	680	116	130	76	80	180	64	66	66
2. Januar 1897	1 450	44	72	104	62	38	164	42	60	22	52	28
15. » »	420	22	14	260	20	1 000	46	6	22	12	10	14
1. Febr. »	1 150	24	18	240	60	770	7 000	28	18	32	24	16
15. » »	1 540	32	36	160	18	12 600	1 440	84	46	42	62	38
1. März »	1 600	28	154	11 200	38	960	1 120	118	120	56	1350	84
15. » »	950	46	48	610	34	380	72	58	72	64	78	46
1. April »	420	52	46	680	42	360	160	30	58	18	48	36
15. » »	340	78	74	210	40	238	116	112	62	96	84	140
1. Mai »	154	92	68	140	32	224	336	36	102	80	76	96

Digitized by Google

Datum der Untersuch.	Müggelsee-Wasser, unfiltrirt	Müggelsee-Wasser, filtrirt	Hochreservoir zu Lichtenberg	Tegeler Wasser, unfiltrirt	Tegeler Wasser, filtrirt	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	Wasser in der Stadt W., Wilhelmstr. 75	Wasser in der Stadt SW., Wilhelmstr. 117	Wasser in der Stadt SO., Schmidtstr. 16	Wasser in der Stadt NW., Friedrichstr. 120	Wasser in der Stadt C., Weinmeisterstr. 15
15. Mai 1897	88	70	60	308	36	58	420	38	70	64	62	38
1. Juni »	168	48	46	68	32	700	1 680	86	84	42	168	112
15. » »	140	48	30	1160	26	260	48	76	48	36	112	46
1. Juli »	280	42	36	110	12	78	410	16	12	176	152	28
15. » »	176	22	16	416	14	370	202	20	20	24	40	26
2. August »	234	30	24	152	16	420	1 600	80	140	32	56	48
16 »	560	80	24	168	74	260	360	70	36	38	40	20
1. Septbr.	700	32	156	82	46	2050	1 216	86	48	58	50	38
15. » »	520	56	54	140	20	144	1 120	52	50	36	104	62
1. Oktbr. »	270	160	68	72	10	192	1 680	26	38	62	28	24
15. » »	440	140	64	188	20	660	8 400	32	26	58	22	16
1. Novbr	440	24	56	68	16	14	440	24	44	54	8	34
15. » »	510	240	210	160	40	920	500	32	14	76	76	28
1. Dezbr.	1 600	280	140	340	10	320	42	16	16	200	6	18
15. » »	1 210	44	164	280	18	850	700	48	28	126	44	62

Aus der vorstehenden Tabelle geht zunächst hervor, dass das Rohwasser, welches das Müggelsee-Werk verarbeitet, in bacteriologischer Hinsicht im allgemeinen weniger gut ist als das Rohwasser des Tegeler Werkes. Während das letztere pro Cubikcentimeter durchschnittlich nur 366 Keime enthält (Maximum 11200, Minimum 10), so beträgt der Keimgehalt des Müggelseewassers pro Cubikcentimeter im Durchschnitt 1409 (Maximum 20000, Minimum 40). Dementsprechend sind auch in dem filtrirten Tegeler Wasser (dem Reinwasser-Reservoir des Werkes entnommen) durchschnittlich weniger Keime gefunden worden, als in dem Reinwasser des Müggelsee-Werkes; das erstere enthielt durchschnittlich 34, das letztere 66 Keime im Cubikcentimeter. Bei dieser Berechnung ist der auffällige Befund, welchen das Tegeler Reinwasser am 2. September 1895 zeigte (2160 Keime im Cubikcentimeter), und der allem Anscheine nach in irgend einer vorübergehenden Zufälligkeit seinen Grund hatte, ausser Berücksichtigung geblieben.

Im Grossen und Ganzen ist die Functionirung der Filter — soweit wir das aus unseren Untersuchungen zu schliessen berechtigt sind — auf beiden Werken eine zufriedenstellende gewesen. Der Keimgehalt von 100 pro Cubikcentimeter wurde auf dem Tegeler Werk nur bei 5,6% der untersuchten Proben überschritten, auf dem Müggelsee-Werk in 12,3%. Das Wasser der fünf Entnahmestellen in der Stadt hielt sich, wie es nach diesen Resultaten nicht anders zu erwarten ist, in bei weitem der grössten Mehrzahl der untersuchten Proben ebenfalls unter 100 Keimen pro Cubikcentimeter.

Unsere Tabelle zeigt ferner die (bereits von den eingangs citirten früheren Untersuchern festgestellte) Eigenthümlichkeit des Wassers des Charlottenburger Hochbehälters, dass es — fast durchgehend — einen höheren Keimgehalt aufweist als das in Tegel entnommene filtrirte Tegeler Wasser. Da der Charlottenburger Hochbehälter nur filtrirtes Tegeler Wasser erhält, so handelt es sich also um eine in dem Hochbehälter selbst vor sich gehende Keimvermehrung, die ohne Zweifel als ein mit der dort stattfindenden Stagnirung des Wassers zusammenhängendes Phänomen aufzufassen ist. Was dabei unter Umständen für enorme Keimzahlen auftreten können, zeigt der Befund vom 2. Januar 1896; hier fanden sich in dem Wasser des Charlottenburger Reservoirs über 6 Millionen Keime im Cubikcentimeter[1]). Auf die Beschaffenheit des Wassers in dem von dem Hochbehälter ausgehenden Rohrsystem, d. h. auf die Beschaffenheit des Wassers in der Stadt haben diese Vorgänge keinen Einfluss; es handelt sich jedenfalls um eng begrenzte Partien in dem Hochbehälter, welche diese Vermehrung zeigen, d. h. um eine ganz locale Erscheinung.

Wie bereits oben erwähnt, wurde bei unseren regelmässigen bacteriologischen Untersuchungen des Berliner Leitungswassers stets die Ermittelung der Keimzahl erstrebt; auf die Bestimmung

1) Die Zahl wurde durch mikroskopische Plattenuntersuchung bestimmt. (Vgl. Günther, Einführung in das Studium der Bacteriologie. 5. Aufl., 1898, S. 233 234.)

der in dem Wasser vorkommenden Arten wurde im allgemeinen kein besonderer Werth gelegt. Wie bei den früheren Untersuchungen, so fanden sich auch in der Berichtszeit häufig Cladothrix- (Streptothrix-) Colonien auf den Platten, und zwar handelte es sich um die bekannte, vielfach in Wasser vorkommende Art, die die Gelatine im Umkreise der weissgrauen Colonien braun färbt und die Gelatine sehr langsam verflüssigt.

Ein fernerer specieller Befund von Interesse betrifft einen eigenthümlichen chromogenen Bacillus, den der eine von uns (G.) am 18. Juni 1896 auf einer der drei Tage vorher angelegten Wasserplatten auffand.

Es zeigten sich dort drei Colonien von intensiv dunkel-preussischblauer Farbe. Die Untersuchung des aus den Colonien entnommenen Materials im hängenden Tropfen ergab einen äusserst lebhaft beweglichen, schlanken, mittelgrossen Bacillus. Die sofort angelegten Gelatinestichculturen zeigten in den nächsten Tagen kräftiges Wachsthum; im Stichcanal waren die Wucherungen weiss, ohne jede Blaufärbung, auf der Oberfläche dagegen entwickelten sich prachtvoll tiefblau gefärbte häutchenförmige Beläge, zum Theil mit metallischem Glanze. Am 26. Juni. Von den genannten Stichculturen angelegte Oberflächenculturen auf Agar wurden z. Th. bei Zimmertemperatur, z. Th. bei 37° C. aufgestellt. Bei Zimmertemperatur entwickelte sich ein ziemlich kräftiger grauer Belag, blauer Farbstoff wurde nur wenig producirt; bei 37° fand noch etwas kräftigeres Wachsthum statt als bei Zimmertemperatur, jedoch blieb hier jede Farbstoffbildung aus. In Bouillon wuchs der Bacillus bei Zimmertemperatur in Form einer mässig kräftigen Trübung. Von den Agarculturen (die lebhaft bewegliche Stäbchen enthielten) hergestellte Geisselpräparate machten es wahrscheinlich, dass der Bacillus einen einzigen Geisselfaden an dem einen Ende besitzt.

Leider war es nicht möglich, diese augenscheinlich ausserordentlich interessante Bacterienart weiter zu studiren, da die Culturen dem Untersucher unter den Händen abstarben: Von den obengenannten Stichculturen am 26. Juni angelegte Gelatineplattenculturen blieben absolut steril, und auch die übrigen vorhandenen Culturen (Agar, Bouillon), von denen dann Ueberimpfungen versucht wurden, zeigten sich nach wenigen Tagen abgestorben.

Es handelt sich also um eine äusserst hinfällige Bacterienart; und ohne Zweifel ist diese Hinfälligkeit der Grund, weshalb diese Art so sehr selten beobachtet wird.

II. Die chemische Untersuchung.

Die Proben für die chemische Untersuchung wurden gleichzeitig mit den zur bacteriologischen Untersuchung dienenden entnommen und an den gleichen Stellen.

Die Untersuchung erstreckte sich auf die Bestimmung des Trockenrückstandes bei 110°, die quantitative Bestimmung des Kalks (titrimetrisch nach Mohr), des Chlors (durch Titration mit Silberlösung) und der sog. organischen Substanz. Letztere wurde in der bekannten Weise mittelst der Kubel-Tiemann'schen Methode ermittelt. Die angegebenen Zahlen bezeichnen die Mengen von Kaliumpermanganat, die zur Oxydation der organischen Substanz bei zehn Minuten langem Kochen gebraucht wurden.

Sämmtliche angegebenen Werthe bedeuten Theile in 100000 Theilen Wasser. Ausser diesen quantitativen Untersuchungen wurde jedesmal qualitativ auf Ammoniak geprüft, ferner auf Salpetersäure (in der ersten Wasserserie des Monats) und auf salpetrige Säure (in der zweiten Wasserserie).

Die physikalische Untersuchung der Wässer beschränkte sich auf die direct sinnfälligen Eigenschaften derselben. Bei Einlieferung der Proben wurden die nöthigen Daten, betreffend Wasserstand, Wellenschlag und Temperatur der Wässer mit angegeben. —

Die Temperatur der Rohwässer schwankt natürlich innerhalb weiter Grenzen (0,2—23,1° C.). Durch die Leitung tritt im Winter eine Erwärmung von etwa 2° ein, im Hochsommer kann die Abkühlung im Röhrensystem eine grössere werden (bis um etwa 5° C.).

Das unfiltrirte Müggelseewasser war fast stets gelblich gefärbt, leicht getrübt, und zeigte einen mässig starken Bodensatz. Ab und zu liess sich bei demselben ein etwas dumpfiger Geruch constatiren; der Geschmack des Wassers war häufig ein fader.

Das unfiltrirte Wasser des Tegeler Sees war meist farblos oder doch nur sehr schwach gelblich gefärbt, bisweilen

leicht getrübt. Die Menge des Bodensatzes — der häufig ganz fehlte — war fast durchgehends eine geringere als beim Müggelseewasser. Geruch und Geschmack boten selten etwas Auffälliges.

Im filtrirten Müggelseewasser liess sich ein Bodensatz oder eine Trübung nur in wenigen Fällen noch nachweisen; das filtrirte Wasser des Tegeler Sees war äusserlich fast stets tadellos: farblos, klar und ohne Bodensatz. Das Müggelseewasser behielt auch nach der Filtration meist die gelbliche Färbung.

Das Wasser der Hochreservoire Charlottenburg und Lichtenberg entsprach äusserlich im allgemeinen dem filtrirten Wasser ihrer Herkunftsorte Tegel und Müggelsee; es war dementsprechend ersteres meist von besserem Ansehen als letzteres.

Von den fünf Entnahmestellen in der Stadt lieferten drei (Wilhelmstrasse 75, Wilhelmstrasse 117 und Friedrichstrasse 126) fast durchgehends farbloses klares Trinkwasser.

Dagegen war das in der Schmidtstrasse und das in der Weinmeisterstrasse entnommene Wasser durch lange Perioden hindurch mehr oder minder gelb verfärbt, auch von Trübungen nicht immer frei. Auch der Geschmack dieser beiden Wässer liess öfter zu wünschen übrig. Diese Thatsachen finden ihre Erklärung ohne weiteres darin, dass die genannten beiden Entnahmestellen — im Gegensatz zu den übrigen Entnahmestellen in der Stadt — an demjenigen Theile des Rohrnetzes der Berliner Wasserleitung liegen, welcher in der Regel ausschliesslich mit Müggelseewasser gespeist wird. Die oben genannten auffallenden Eigenschaften des Müggelseewassers (gelbliche Färbung, dumpfiger Geruch etc.) müssen sich also in dem Wasser dieser beiden Entnahmestellen wieder finden.

Der Trockenrückstand der untersuchten Wasserproben schwankte zwischen 13,2 und 27,6 Theilen für 100 000 Theile Wasser; doch wurden diesen Extremen nahekommende Werthe verhältnismässig selten constatirt. Meist bewegten sich die Werthe in engeren Grenzen, um 20 Theile auf 100 000 Theile Wasser. Die höheren Trockenrückstände fanden sich bei ein

und derselben Serie nicht immer im unfiltrirten Wasser, sondern sehr häufig in den in der Stadt entnommenen Stichproben.

Dasselbe lässt sich von dem Kalkgehalt sagen; auch hier ergaben sich bisweilen ziemlich stark differirende Zahlen; meistens wurde jedoch eine Härte von 4—6 deutschen Graden gefunden. Da bei der grossen Menge der monatlich zu untersuchenden Wasserproben die Bestimmung des Kalkes nicht gewichtsanalytisch, sondern nur titrimetrisch ausgeführt werden konnte, letztere Methode aber nicht allzu exacte Resultate zu liefern pflegt, so dürften manche Unterschiede im Kalkgehalt derselben Wasserreihe ihre Erklärung in der Unzulänglichkeit der Methode finden.

Als Chlorgehalt wurden im Maximum 3,4 Theile auf 100000 Theile Wasser, im Minimum 1,2 Theile gefunden; meist bewegten sich die Werthe zwischen 1,5 und 2,0. Ein durchgehender Unterschied im Chlorgehalt zwischen dem Tegeler Wasser und dem Müggelseewasser liess sich nicht constatiren. Der Chlorgehalt der Wasserproben Nr. 8 und Nr 10 (Schmidtstrasse und Weinmeisterstrasse) entsprach grösstentheils dem Chlorgehalt des filtrirten Müggelseewassers, der der übrigen Proben meistens dem Chlorgehalt des filtrirten Tegeler Seewassers.

Der Verbrauch an Kaliumpermanganat zur Oxydation der organischen Substanz in 100000 Theilen Wasser schwankte zwischen 0,5 und 4,51 Theilen.

Das unfiltrirte Wasser verbrauchte fast stets mehr als das filtrirte, das Müggelseewasser gewöhnlich mehr als das Tegeler Wasser. Ein gleiches Verhalten zeigen die den beiden Wasserwerken entsprechenden Reservoirwässer und die entsprechenden Wasserproben der Stadt. Die vorhandene Menge der organischen Substanz war periodenweise recht verschieden. Der höchste Gehalt liess sich im Spätsommer und Herbst 1897 constatiren, und auch hier war es wieder das Wasser des Müggelsees, welches diese hohen Werthe aufwies.

Deutliche Ammoniakreaction wurde im allgemeinen sehr selten gefunden, relativ am häufigsten im unfiltrirten Müggel-

Digitized by Google

wasser, ab und zu wohl auch im Tegeler Wasser. Bei den aus der Stadt entnommenen Proben zeigten in vereinzelten Fällen gewöhnlich nur diejenigen Entnahmestellen Ammoniak, die ihr Wasser von dem Müggelseewerk beziehen.

Auch die Prüfungen auf Gehalt an salpetriger und Salpetersäure ergaben nur in vereinzelten Fällen ein positives Resultat. Traten sie auf, so handelte es sich meist um Wasser aus den Tegeler Werken.

Fassen wir die Ergebnisse der jahrelang durchgeführten chemischen Untersuchung des Berliner Leitungswassers kurz zusammen, so lässt sich sagen, dass wesentliche Aenderungen in der chemischen Zusammensetzung während der Berichtszeit nicht zu constatiren sind. Die Zusammensetzung schwankt beständig innerhalb gewisser Grenzen. Sichere Ursachen für diese Schwankungen zu finden, dürfte wohl kaum möglich sein; lässt sich doch selbst ein einigermaassen constanter Einfluss der Jahreszeit und der meteorologischen Verhältnisse überhaupt nicht nachweisen. Beim Vergleich der beiden Rohwässer, welche die Leitungen Berlins speisen, dürfte dem Wasser des Tegeler Sees, wie vom bacteriologischen, so auch vom chemischen Standpunkte aus, entschieden der Vorzug gebühren.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 2. April 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	16,70	2,75	1,7	Spur	2,20	1 400
2	Müggelsee, filtrirt	17,20	3,55	1,9	Spur	2,15	26
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	20,00	4,40	1,9		1,90	125
4	Tegeler Wasser, filtrirt	19,35	2,75	1,9		1,75	20
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,85	5,25	2,0		1,55	96
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,90	4,40	1,9		1,55	35
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	21,35	4,40	1,9		1,65	38
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	21,40	2,75	2,0		1,50	40
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	17,25	2,75	1,7		2,30	24
8	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	18,70	2,75	1,7		2,10	31
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	18,50	2,75	1,7		2,05	18

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 16. April 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,35	2,75	1,8	Spur	2,50	630
2	Müggelsee, filtrirt	15,70	2,75	1,7		2,45	—
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	19,60	5,25	1,8		2,05	190
4	Tegeler Wasser, filtrirt	19,00	4,40	1,6		1,85	18
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,40	5,25	1,7		1,70	550
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,50	4,40	1,8		1,70	76
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	19,70	4,40	1,8		1,50	54
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	20,00	4,40	1,8		1,45	38
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	17,00	2,75	1,6		2,45	26
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	18,35	3,60	1,7		2,40	42
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	17,85	2,75	1,6		2,50	48
	Untersuchung vom 1. Mai 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	16,35	6,85	2,1		2,60	500
2	Müggelsee, filtrirt	18,35	3,55	1,8	Spur	2,50	46
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	20,00	6,85	1,9		2,10	90
4	Tegeler Wasser, filtrirt	17,70	6,85	1,9		1,55	60
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	17,75	6,85	1,8		1,60	372
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	16,00	6,85	1,8		1,50	78
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	20,00	6,85	2,0		1,50	56
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	18,25	6,05	1,8		1,45	92
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	17,35	4,40	1,8		2,50	70
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	18,85	4,40	1,7		2,45	46
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	17,00	5,25	2,0		2,30	30
	Untersuchung vom 15. Mai 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,20	3,60	2,1	Spur	3,20	480
2	Müggelsee, filtrirt	17,20	4,00	2,0	gering. Spur	2,55	40
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	19,85	4,85	2,0		2,45	70
4	Tegeler Wasser, filtrirt	19,50	6,10	2,1		1,60	38
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,75	5,65	2,0		1,60	140
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,85	6,50	2,1		1,80	56
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	21,00	8,60	2,0		1,55	40

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,00	4,85	1,9		1,45	54
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	18,85	3,20	2,1		2,70	44
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,50	5,65	2,0		1,50	58
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	18,90	8,60	2,1		2,75	84
	Untersuchung vom 1. Juni 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	21,65	4,05	1,9		3,10	720
2	Müggelsee, filtrirt	19,15	3,65	1,8		3,25	22
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,15	4,95	1,8		2,15	53
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,15	5,80	1,8		1,75	26
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,85	6,15	1,8		1,50	72
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,50	4,95	1,8		1,60	28
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	17,35	4,45	1,9		1,75	36
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	19,15	5,80	1,8		1,45	60
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,35	5,35	1,9		3,35	36
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,35	2,30	1,8		1,50	36
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,15	4,95	1,9		2,20	38
	Untersuchung vom 15. Juni 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	16,65	4,05	2,1	geringe Spur	3,25	5 240
2	Müggelsee, filtrirt	16,65	2,30	2,0		2,95	60
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	20,00	4,95	2,2		2,70	70
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	19,50	4,05	2,0		2,15	12
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,65	4,95	1,9		1,65	46
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,00	4,05	2,2		1,65	68
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,35	4,95	2,1		1,50	52
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,65	4,95	1,9		1,60	50
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,00	4,05	2,0		2,85	46
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	21,00	5,80	2,0		1,65	32
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	20,00	4,95	2,2		2,25	24
	Untersuchung vom 2. Juli 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	16,35	4,25	2,2		2,40	1 400
2	Müggelsee, filtrirt	15,35	2,55	1,9		2,20	62
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	20,00	4,25	2,0		2,70	54
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,00	4,25	2,0		1,65	60

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,50	5,05	1,9		1,60	140
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	17,20	5,05	2,0		1,45	56
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,00	5,05	1,8		1,55	64
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	19,50	5,05	2,1		1,60	120
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,35	2,55	2,1		2,75	38
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,00	4,25	1,9		1,90	68
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,35	2,55	2,0		2,50	38
	Untersuchung vom 16. Juli 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,95	3,95	2,1		2,45	4 200
2	Müggelsee, filtrirt	19,30	2,85	2,0		2,15	120
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	17,70	3,70	2,0		2,20	80
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	17,00	3,75	1,9		1,95	24
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	16,35	4,00	1,95		1,95	58
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,00	3,95	2,0		1,85	26
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. .	20,00	4,15	1,9		2,00	54
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	19,35	3,80	1,95		2,15	54
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	18,00	5,25	1,90		2,20	132
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N .	21,35	3,65	1,95		1,85	48
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	18,00	3,95	1,95		2,05	104
	Untersuchung vom 1. August 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	22,50	2,95	2,2	Spur	2,20	2 600
2	Müggelsee, filtrirt	21,70	2,85	2,2		1,90	82
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	23,85	3,20	2,0	Spur	1,70	1 700
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,50	2,85	1,9		1,10	98
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,35	3,45	2,2		1,10	192
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,35	4,65	2,2		1,00	206
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	16,35	3,10	2,1		1,15	114
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	16,00	3,10	2,0		1,00	62
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,00	2,90	1,8		1,80	70
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	17,00	3,05	2,3		1,05	108
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,00	3,10	2,1		1,60	136

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 15. August 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	21,35	3,10	2,1		2,60	1 920
2	Müggelsee, filtrirt	20,35	3,15	2,2		2,60	66
2a	Lichtenberg	18,65	5,70	2,1		2,25	42
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	20,75	2,95	1,9		1,85	224
4	Tegeler Wasser, filtrirt	20,00	3,00	2,1		1,50	16
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,65	3,70	1,9		1,55	28
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,00	4,15	1,9		1,70	30
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	21,05	4,75	2,1		1,35	228
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	19,95	4,00	2,1		1,40	148
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	20,10	3,10	2,2		2,30	32
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	21,15	4,75	1,8		1,40	350
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	19,75	6,00	2,3		2,05	46
	Untersuchung vom 1. September 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,65	2,85	2,2		2,50	11 700
2	Müggelsee, filtrirt	17,00	2,00	2,1		2,35	54
2a	Lichtenberg	17,65	5,25	2,5		2,30	40
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	17,00	2,85	2,1		2,35	392
4	Tegeler Wasser, filtrirt	17,00	2,00	2,0		2,25	28
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,00	2,85	2,0		2,30	378
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	18,60	3,25	1,9		2,35	82
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	18,45	5,40	2,1		1,95	64
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	17,80	5,25	2,0		2,05	148
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	18,35	2,85	1,9		2,40	54
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	18,05	5,00	1,9		1,90	320
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	17,85	3,90	2,0		2,35	98
	Untersuchung vom 15. September 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	21,00	2,85	2,2		2,40	2 560
2	Müggelsee, filtrirt	19,90	2,00	2,0		2,30	64
2a	Lichtenberg	18,75	5,40	2,2		2,20	34
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	20,35	3,40	2,0	Spur	2,00	166
4	Tegeler Wasser, filtrirt	20,00	3,45	2,0		1,95	50
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,10	3,25	1,9		2,00	25

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch KMnO$_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,65	3,90	2,0		2,05	unzählige
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	20,05	4,15	2,0		1,85	60
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW	19,15	4,65	2,1		2,00	128
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	18,80	3,70	2,0		2,10	60
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	19,75	2,95	1,9		1,95	56
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	18,95	3,45	2,1		2,05	38
	Untersuchung vom 1. October 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	21,15	4,95	2,3		2,70	500
2	Müggelsee, filtrirt	19,00	6,15	2,2		2,45	70
2a	Lichtenberg	22,00	4,25	2,1		2,40	46
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	21,35	6,90	2,0		2,35	98
4	Tegeler Wasser, filtrirt	16,55	6,90	2,1		1,80	62
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,20	6,75	2,1		1,90	700
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,00	6,15	2,1		1,70	1 008
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	19,85	6,95	2,2		2,35	22
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW	17,35	4,95	2,1		1,75	16
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	19,45	4,95	2,2		2,30	40
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	21,00	5,80	2,1		1,80	16
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	18,65	6,15	2,1		1,75	26
	Untersuchung vom 15. October 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,35	3,45	2,3		2,50	2 000
2	Müggelsee, filtrirt	17,00	2,60	2,2		1,90	64
2a	Lichtenberg	22,00	2,75	1,9		1,95	62
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	19,00	2,60	2,1		2,10	180
4	Tegeler Wasser, filtrirt	18,50	4,35	1,8		1,60	24
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,35	5,20	1,9		1,50	26
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	23,00	6,95	2,0		1,60	42
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	18,00	2,75	1,8		1,60	38
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	19,05	2,75	1,8		1,45	70
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	20,15	3,50	1,9		2,10	48
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	18,00	2,75	1,8		1,60	62
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	20,70	2,75	1,9		1,45	96

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 1. November 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,15	6,00	2,1		2,25	1 920
2	Müggelsee, filtrirt	18,60	3,55	2,1		2,10	32
2a	Lichtenberg	20,35	5,25	2,0		2,25	38
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	20,00	2,45	2,0		2,15	178
4	Tegeler Wasser, filtrirt	20,00	3,55	2,0		1,75	34
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,10	2,75	2,2		1,85	40
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,10	5,85	2,2		1,85	42
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	20,00	5,25	2,0		1,65	16
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	18,15	6,15	1,8		1,65	28
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	20,00	3,55	1,8		2,10	42
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	18,15	6,15	1,9		1,90	34
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	18,85	6,00	1,9		2,15	28
	Untersuchung vom 15. November 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,15	2,75	2,1	Spur.	3,10	1 250
2	Müggelsee, filtrirt	18,00	3,55	2,0		2,70	46
2a	Lichtenberg	22,05	2,45	2,1		2,65	32
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	19,35	2,45	2,0		2,30	110
4	Tegeler Wasser, filtrirt	20,00	5,25	2,0		2,35	18
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,85	4,40	2,0		1,90	22
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	18,60	4,40	2,1		1,55	28
6	Wilhelmstrasse Nr 75, W.	21,00	2,45	1,8		2,10	16
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	19,80	2,45	2,1		1,80	28
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	20,85	2,75	1,8	Spur.	2,50	38
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	18,25	5,50	1,9		2,25	20
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	18,25	2,75	1,8	Spur.	2,50	20
	Untersuchung vom 1. December 1894						
1	Müggelsee, unfiltrirt	20,15	3,55	1,8		3,35	2 100
2	Müggelsee, filtrirt	18,95	5,85	1,8		3,20	62
2a	Lichtenberg	21,30	5,25	1,8		3,05	42
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	22,05	4,40	2,0		3,25	120
4	Tegeler Wasser, filtrirt	19,35	2,10	1,9		1,85	12
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,00	5,85	1,9		1,75	420

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	18,85	5,85	1,9		1,85	240
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	18,60	5,85	1,9		1,85	34
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,00	5,60	1,9		1,45	208
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,80	5,25	1,7		3,15	52
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,85	5,85	2,0		1,85	78
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	18,25	5,60	1,8		2,80	52
	Untersuchung vom 15. December 1894.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,15	4,40	2,0		2,95	5 950
2	Müggelsee, filtrirt	18,00	5,25	1,9		2,95	260
2a	Lichtenberg	18,25	6,05	1,9		2,95	144
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,05	4,40	2,0		2,45	300
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	19,35	5,35	1,9		2,40	86
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,80	5,55	2,0		2,15	240
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,15	5,35	1,9		2,15	106
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	18,00	5,00	1,9		1,80	62
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	19,45	5,55	2,1		1,80	72
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	20,15	5,55	1,8		3,20	120
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	18,30	6,00	2,0		2,15	90
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	18,20	5,55	1,9		2,70	62
	Untersuchung vom 2. Januar 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,20	4,95	1,9		2,85	1 370
2	Müggelsee, filtrirt	18,40	2,35	1,8		2,75	74
2a	Lichtenberg	17,55	3,75	1,9		2,65	54
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,45	4,95	2,1		2,20	416
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,00	4,05	2,0		1,85	24
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	23,50	4,95	1,9		1,90	164
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	22,95	3,75	2,2		1,85	72
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	22,10	4,05	2,0		1,85	30
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,30	2,35	2,0		1,85	26
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	18,65	3,75	2,1		2,65	44
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N .	21,95	4,95	2,0		2,05	36
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	18,80	2,30	1,9		2,35	8

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch K Mn O$_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 15. Januar 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,95	4,05	2,0		2,30	800
2	Müggelsee, filtrirt	18,35	4,05	2,0		2,30	38
2a	Lichtenberg	20,10	4,05	1,9		2,10	70
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	20,90	5,80	2,1		2,05	300
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,95	5,80	2,0		1,80	22
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,90	5,80	2,2		1,70	1 800
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,90	6,30	1,9		1,70	1 600
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	24,15	5,80	2,1		1,75	34
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	20,90	5,80	2,0		1,80	34
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	18,65	4,05	2,2		2,00	48
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N .	18,95	5,80	2,2		1,85	28
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	19,00	4,95	1,9		1,75	50
	Untersuchung vom 1. Februar 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	20,15	3,75	2,1		2,30	770
2	Müggelsee, filtrirt	18,95	4,10	1,9		2,15	54
2a	Lichtenberg	20,15	5,35	2,0		1,85	46
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	24,40	6,60	1,9		1,90	50
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,60	3,80	2,0		1,90	14
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,80	4,65	2,0		1,60	68
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,40	4,05	2,0		1,65	58
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	22,20	4,70	1,9		1,80	22
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	23,75	4,45	1,9		1,80	20
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	18,00	3,85	1,9		2,05	38
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N .	23,45	4,80	2,0		1,60	22
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	23,00	5,95	1,9		2,10	28
	Untersuchung vom 15. Februar 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,85	4,40	2,1		2,20	290
2	Müggelsee, filtrirt	19,00	3,90	2,0		1,95	48
2a	Lichtenberg	19,80	5,45	1,9		1,50	60
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	25,75	4,70	1,9		1,70	22
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,50	4,20	1,9		1,75	92
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,00	5,50	2,0		1,30	240

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,50	3,55	1,9		1,30	970
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	24,10	5,25	1,9		1,65	40
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,70	3,55	2,0		1,55	42
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	18,00	2,90	1,8		2,00	54
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,80	3,70	2,0		1,55	38
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	22,65	4,75	1,8		2,20	40
	Untersuchung vom 1. März 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	20,15	3,05	2,0		2,00	550
2	Müggelsee, filtrirt	18,10	3,35	1,9		2,00	40
2a	Lichtenberg	18,75	4,50	1,8		1,55	42
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	24,00	4,85	2,0		1,55	22
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,55	4,00	1,8		1,45	24
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,25	5,30	1,9		1,25	560
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,60	4,40	1,9		1,30	200
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	24,35	4,35	1,9		1,65	56
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,30	4,55	1,9		1,45	64
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,90	4,05	1,8		1,90	46
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	18,00	6,85	2,0		1,55	20
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	21,15	5,75	1,8		2,20	46
	Untersuchung vom 15. März 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,30	3,55	2,2		1,95	620
2	Müggelsee, filtrirt	17,00	5,25	1,9		1,70	32
2a	Lichtenberg	20,70	4,40	2,1		1,55	36
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,05	6,05	1,8		1,30	400
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,80	4,40	2,2		1,20	38
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,70	5,25	2,2		1,20	480
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,50	4,40	2,1		1,20	520
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	23,10	5,25	1,9		1,60	28
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,55	3,55	2,0		1,50	38
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,85	4,40	1,9		1,95	36
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,95	6,85	2,1		1,45	40
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C .	22,95	5,25	1,9		2,20	250

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 1. April 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,5	2,6	1,4		1,92	520
2	Müggelsee, filtrirt	17,0	2,6	2,1		1,90	32
2a	Lichtenberg	17,2	3,4	1,7		2,23	46
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,2	5,2	2,1		1,80	210
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,0	6,1	1,7		1,49	22
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	22,4	4,7	1,7		1,49	120
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	25,0	6,1	2,1		1,52	170
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,9	4,3	1,7		1,46	38
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	23,0	5,2	2,1		1,75	40
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,3	3,4	2,1		1,77	38
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N .	21,0	4,3	1,7		1,60	28
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	15,0	3,4	1,7		1,95	24
	Untersuchung vom 16. April 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	15,0	1,7	1,4	Spur	2,8	7 000
2	Müggelsee, filtrirt	15,0	2,6	1,5		2,6	80
2a	Lichtenberg	14,0	3,4	1,5		2,5	32
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,7	4,3	1,8		2,6	360
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	24,6	4,3	1,8		2,5	18
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer.	21,0	5,2	1,8		2,4	14 000
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,0	4,3	2,1		2,5	280
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,6	4,3	2,0		1,6	26
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,1	4,3	1,8		2,1	36
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	14,0	3,4	1,3		2,1	68
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,8	5,2	2,0		2,1	44
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	15,0	2,6	1,4		2,4	34
	Untersuchung vom 1. Mai 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,0	2,0	1,6		2,64	2 330
2	Müggelsee, filtrirt	16,2	3,7	1,5		2,43	90
2a	Lichtenberg	16,5	2,9	1,4		2,28	54
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,1	6,3	2,1		2,28	86
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,0	5,5	1,9		1,86	32
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,9	5,5	1,8		1,62	1 320

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch K Mn O_4	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter Reservoir	21,1	4,6	1,8		2,01	3 500
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	23,1	4,6	1,8		2,07	42
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,6	6,3	1,7		1,92	80
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	16,9	2,9	1,4		2,55	54
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,9	4,6	1,6		2,16	52
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,3	4,6	1,3		2,01	56
	Untersuchung vom 15. Mai 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,0	4,3	2,6		1,79	700
2	Müggelsee, filtrirt	17,0	3,4	1,6		2,32	38
2a	Lichtenberg	17,7	3,4	1,6		2,37	48
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,4	5,1	1,8		2,05	86
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,1	3,4	1,6		1,65	78
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,0	5,1	1,7		1,97	264
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	22,1	5,1	1,7		2,08	2 100
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,3	6,0	1,8		?	26
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,0	6,0	1,7		1,47	38
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,5	6,0	1,5		2,26	32
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,0	6,0	1,6		1,71	28
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,7	5,1	1,5		2,43	28
	Untersuchung vom 1. Juni 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	21,6	4,3	1,7		2,80	840
2	Müggelsee, filtrirt	20,0	4,3	1,6		2,20	48
2a	Lichtenberg	17,1	3,4	1,7		2,13	26
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,1	4,3	1,8		2,30	112
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	23,6	3,4	1,8		1,95	34
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	22,1	4,3	1,7		1,92	380
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	12,0	4,3	1,7		1,62	360
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,8	6,0	1,7		1,65	48
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,5	5,2	1,7		1,77	92
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	16,3	3,4	1,7		2,20	32
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,5	5,2	1,6		1,62	50
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	16,0	2,6	1,6		1,98	64

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 15. Juni 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,5	4,64	1,7		2,73	110
2	Müggelsee, filtrirt	18,0	3,70	1,6		2,40	40
2a	Lichtenberg	17,0	5,51	1,7		2,30	28
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,0	7,20	1,7		2,63	130
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,6	4,64	1,7		1,87	12
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,0	4,64	1,6		1,83	320
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,3	4,64	1,7		1,63	62
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,3	6,38	1,7		1,73	30
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,5	5,51	1,7		1,83	98
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,6	4,62	1,7		2,42	28
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,3	3,69	1,6		1,82	70
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	19,3	5,35	1,7		1,89	70
	Untersuchung vom 1. Juli 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,5	4,57	2,0		2,33	420
2	Müggelsee, filtrirt	18,6	3,71	1,9		2,16	46
2a	Lichtenberg	21,0	3,71	2,0		2,21	32
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	19,8	4,57	1,2		2,19	350
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	18,4	4,57	1,7		1,75	28
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,0	4,57	1,8		1,66	230
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,4	3,71	1,6		1,63	412
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	18,5	5,43	1,6		1,57	108
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	18,7	5,43	1,7		1,75	118
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	18,9	3,71	2,0		2,13	50
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	18,2	4,57	1,7		1,75	130
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	19,8	3,71	1,8		1,81	30
	Untersuchung vom 15. Juli 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,3	4,26	2,1		2,19	350
2	Müggelsee, filtrirt	17,6	4,26	2,1		2,10	86
2a	Lichtenberg	20,1	5,96	2,2		1,90	44
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	19,1	5,96	1,8		1,87	98
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	17,8	5,96	1,7		1,60	34
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,6	5,96	1,7		1,57	480

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch K Mn O,	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	17,1	5,96	1,8		1,54	820
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,6	5,96	1,8		1,34	194
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,1	6,81	1,7		1,46	138
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,6	5,96	2,3		1,75	38
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	23,1	5,96	1,7		1,25	82
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	21,6	5,11	1,9		1,37	30
	Untersuchung vom 1. August 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,0	3,97	2,7		2,45	2 300
2	Müggelsee, filtrirt	20,8	3,97	2,7		2,06	58
2a	Lichtenberg	18,7	6,30	2,4		1,90	26
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,1	4,77	1,8		2,54	700
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	13,2	4,77	1,8		1,72	120
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	18,3	4,77	1,8		1,72	202
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	18,5	3,97	1,7		1,72	3 500
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	18,3	6,30	1,7		1,69	142
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	16,1	3,10	1,7		1,78	106
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	18,5	4,77	2,5		1,96	12
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	18,8	3,17	1,6		1,54	40
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	18,1	3,97	2,3		1,93	34
	Untersuchung vom 15. August 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	22,7	4,77	2,7		1,60	340
2	Müggelsee, filtrirt	22,1	3,97	2,6		1,34	164
2a	Lichtenberg	20,1	6,30	2,6		1,60	32
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	20,1	4,77	1,7		1,60	160
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	19,7	3,97	1,7		1,22	24
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,0	4,77	1,6		1,22	260
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,1	3,10	1,9		1,34	198
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,5	7,10	1,8		1,19	288
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,7	7,60	1,8		1,13	176
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	21,1	5,50	2,7		1,37	74
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,8	6,20	1,8		1,70	124
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	19,7	6,30	2,3		1,04	104

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch KMnO4	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 2. September 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	22,5	3,97	3,0		1,90	20 000
2	Müggelsee, filtrirt	23,0	5,50	2,7		1,43	210
2a	Lichtenberg	19,8	5,50	2,7		1,49	Platte total verflüss.
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt .	19,8	6,20	1,7		1,90	1 080
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,1	6,30	1,7		1,28	2 160
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,3	4,77	1,7		1,28	Platte total verflüss.
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,3	6,30	1,7		1,37	„
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,3	5,50	1,6		1,22	180
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,0	5,50	1,7		1,22	108
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	20,7	4,77	2,8		1,31	52
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,5	7,10	1,7		1,10	38
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	20,1	6,30	1,8		1,22	24
	Untersuchung vom 16. September 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	22,3	2,30	2,8		1,57	124
2	Müggelsee, filtrirt	21,9	4,77	2,9		1,28	68
2a	Lichtenberg	20,3	3,97	3,1		1,49	28
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	19,9	5,50	1,7		1,73	78
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	19,5	4,77	1,7		1,28	2
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,8	6,30	1,7		1,25	640
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,2	5,50	1,6		1,40	460
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,7	4,77	1,8		1,46	40
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,5	7,10	1,7		1,43	50
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	20,1	4,77	2,8		1,63	134
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N .	19,4	6,30	1,6		1,40	72
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	19,6	4,77	1,8		1,40	86
	Untersuchung vom 1. October 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	23,0	4,80	3,1		1,61	40
2	Müggelsee, filtrirt	21,0	4,00	3,1		1,35	56
2a	Lichtenberg	20,3	4,80	3,1		1,25	36
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	20,0	4,00	1,9		1,53	10
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	19,9	4,80	1,7		1,35	2
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,5	4,80	1,8		1,17	170

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,8	4,80	1,8		1,30	96
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,0	6,35	1,8		1,22	92
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	19,0	8,60	1,8		1,25	220
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,8	5,58	3,1		1,32	40
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,3	5,58	1,7		1,12	168
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	19,5	5,38	2,2		1,27	30
	Untersuchung vom 15. October 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	21,0	6,35	3,4		1,44	120
2	Müggelsee, filtrirt	20,0	4,00	3,1		1,27	46
2a	Lichtenberg	19,8	6,35	3,3		1,77	1 500
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,0	6,35	1,9		1,41	66
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	24,0	4,80	1,6		1,27	30
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,5	5,58	1,7		1,25	62
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,9	4,80	1,7		1,27	460
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	18,0	6,38	1,7		1,30	100
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,0	5,58	1,8		1,56	198
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,0	5,58	3,1		1,56	72
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	23,0	5,58	1,8		1,71	200
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	18,6	5,58	1,6		1,53	42
	Untersuchung vom 1. November 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	21,0	5,58	3,1		1,43	120
2	Müggelsee, filtrirt	20,0	4,80	3,0		1,37	58
2a	Lichtenberg	19,5	4,80	3,0		1,22	34
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,0	7,11	1,9		1,68	70
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	17,0	4,00	1,8		1,30	12
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,0	4,80	1,8		1,30	660
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,4	3,91	1,7		1,27	96
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	18,5	5,58	1,8		1,12	56
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,0	5,58	1,7		0,66	54
8	Schmidtstr. Nr. 16, SO. . . .	21,0	3,21	2,9		1,40	52
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	16,5	5,58	2,6		1,14	36
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15. C. .	19,5	4,80	3,0		1,43	32

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch K Mn O_4	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 15. November 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	20,0	5,77	2,9		1,49	270
2	Müggelsee, filtrirt	20,3	4,20	2,6		1,13	52
2a	Lichtenberg	19,3	5,02	2,6		1,34	46
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	19,8	6,50	1,8		1,65	160
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	19,8	5,77	1,8		1,28	176
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	14,8	5,77	1,7		1,28	160
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,0	5,77	1,8		1,49	226
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,0	5,77	1,6		1,23	100
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,5	5,77	1,7		1,10	180
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	20,6	5,02	2,6		1,37	46
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,0	5,77	2,6		1,49	50
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	23,1	4,20	2,5		1,17	44
	Untersuchung vom 2. December 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,8	3,20	2,4		1,58	480
2	Müggelsee, filtrirt	19,1	2,50	2,3		1,36	40
2a	Lichtenberg	18,1	5,50	2,3		1,26	120
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,0	5,50	1,9		1,82	170
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,6	4,75	1,9		1,63	12
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,6	4,75	1,9		1,58	360
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	23,0	4,75	1,9		1,50	1 180
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,0	4,75	1,8		1,50	26
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,6	4,75	1,9		0,99	24
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,6	4,75	2,4		1,07	104
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,0	4,75	2,2		1,09	24
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	18,0	3,20	2,3		1,20	72
	Untersuchung vom 16. December 1895.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,6	3,67	2,2		1,99	1 500
2	Müggelsee, filtrirt	20,0	3,67	2,1		1,78	52
2a	Lichtenberg	17,8	4,52	1,9		1,84	82
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	19,6	6,22	1,9		2,02	420
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	18,3	5,37	1,9		1,69	26
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	17,6	6,22	1,9		1,69	260

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,5	4,52	2,0		1,78	240
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	20,0	3,67	1,9		1,66	22
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	18,4	4,52	1,8		1,69	18
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	19,5	3,67	1,9		1,87	98
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	19,4	5,37	1,8		1,84	24
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	18,3	3,67	1,9		1,70	62
	Untersuchung vom 2. Januar 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	22,2	3,67	2,0		1,45	1 540
2	Müggelsee, filtrirt	19,7	4,52	2,1		1,16	20
2a	Lichtenberg	20,3	3,67	2,1		1,24	30
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	21,18	1,98	1,8		1,26	140
4	Tegeler Wasser, filtrirt	21,70	3,67	1,9		1,22	32
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,2	3,67	1,9		1,26	4 200
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,5	6,22	1,9		1,26	6 720 000
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	21,0	4,52	1,8		0,89	24
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	20,0	4,52	1,9		0,56	30
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	19,7	2,83	2,1		1,20	42
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	21,1	5,37	1,9		1,10	52
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	21,5	4,52	1,9		1,16	46
	Untersuchung vom 15. Januar 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,6	5,38	2,0		2,21	1 470
2	Müggelsee, filtrirt	19,1	4,48	2,0		2,08	54
2a	Lichtenberg	20,0	5,38	1,8		2,24	66
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	20,2	4,48	1,9		1,83	92
4	Tegeler Wasser, filtrirt	20,83	5,38	1,8		1,70	34
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,8	5,38	1,8		1,67	320
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,0	5,38	1,8		1,70	186
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	20,5	5,38	1,8		2,27	26
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	19,5	6,27	1,8		2,05	42
8	Schmidtstrasse Nr 16, SO.	19,08	4,48	1,8		2,27	44
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	20,3	7,17	1,8		1,89	24
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	20,7	4,48	1,9		2,08	66

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 1. Februar 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	20,3	4,48	1,7		2,32	1 220
2	Müggelsee, filtrirt	20,6	6,26	1,7		2,25	100
2a	Lichtenberg	22,0	5,38	2,0		2,16	138
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	20,3	5,38	1,7		2,16	500
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,4	6,26	1,7		2,32	48
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,0	7,13	1,7		2,28	2 800
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,4	7,13	1,7		2,16	166
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,6	7,13	1,7		2,10	104
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,0	6,26	1,7		2,16	102
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	22,3	5,38	1,7		2,13	102
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,0	6,26	1,7		1,98	72
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	21,3	5,38	1,7		2,16	60
	Untersuchung vom 15. Februar 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	20,0	5,39	1,8		2,39	1 820
2	Müggelsee, filtrirt	19,3	6,27	1,8		1,99	104
2a	Lichtenberg	18,0	6,27	1,7		2,37	56
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,3	7,00	1,9		2,39	1 300
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,6	6,27	1,9		1,96	54
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,3	6,27	2,0		1,96	190
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	22,6	6,27	1,9		2,02	152
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,0	6,27	1,8		2,02	80
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,0	7,80	1,8		1,90	80
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	20,0	6,27	1,8		2,02	52
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,6	7,80	1,7		1,90	300
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	20,6	7,00	1,8		1,96	38
	Untersuchung vom 2. März 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,5	5,07	1,6		2,01	1 400
2	Müggelsee, filtrirt	17,6	4,65	1,6		1,89	56
2a	Lichtenberg	17,6	4,65	1,6		2,11	32
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,3	5,07	1,9		2,11	128
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,3	5,88	1,8		2,03	170
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	22,3	5,88	1,8		2,11	360

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	22,0	5,07	1,9		1,89	1 120
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	22,0	5,88	1,8		1,92	94
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,3	5,07	1,8		1,92	92
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	18,6	5,07	1,6		2,01	54
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	17,6	5,07	1,8		2,11	174
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	22,0	4,65	1,6		2,11	44
	Untersuchung vom 16. März 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	15,43	4,02	1,7		1,80	550
2	Müggelsee, filtrirt	15,50	4,02	1,7		1,68	28
2a	Lichtenberg	18,73	5,63	1,6		1,20	20
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,73	7,24	1,9		1,80	204
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,83	7,24	1,9		1,47	36
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,70	6,48	2,0		1,47	412
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,40	8,85	1,9		1,47	82
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	22,26	4,82	1,9		1,44	20
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,86	2,41	1,9		1,53	16
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,20	6,43	1,5		1,56	18
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,06	7,24	1,8		1,50	20
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	16,73	4,02	1,6		1,77	24
	Untersuchung vom 1. April 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	16,96	3,59	1,8		1,72	90
2	Müggelsee, filtrirt	16,45	3,59	1,7		1,66	52
2a	Lichtenberg	15,86	4,42	1,7		1,40	58
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,45	9,40	2,0		1,20	114
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,16	4,42	1,9		1,23	16
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,96	6,91	1,9		1,35	320
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,56	6,91	1,9		1,32	112
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,20	6,08	1,8		1,29	26
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,83	7,74	1,8		1,23	24
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	15,50	3,95	1,6		1,55	38
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,00	6,08	1,8		1,23	14
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	16,10	4,42	1,7		1,40	34

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 15. April 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	15,83	4,16	1,9		2,16	200
2	Müggelsee, filtrirt	14,66	2,50	1,8		1,93	120
2a	Lichtenberg	19,30	4,16	1,7		1,69	260
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,93	7,50	1,9		1,93	240
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,16	7,50	1,8		1,66	22
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,10	5,83	1,8		1,60	1 040
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	18,16	7,50	1,8		1,63	1 100
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,76	5,83	1,8		1,25	26
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,10	5,83	1,7		1,17	22
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	15,10	5,83	1,7		1,60	50
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,33	7,50	1,8		1,22	18
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,00	5,83	1,6		1,57	34
	Untersuchung vom 1. Mai 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,46	5,05	1,9	Spur	1,95	1 600
2	Müggelsee, filtrirt	16,86	5,05	1,7		1,66	32
2a	Lichtenberg	18,36	4,21	1,7		1,75	44
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,13	8,43	2,0		1,48	110
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,93	5,05	1,8		1,13	24
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,50	5,90	1,8		1,25	1 260
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,30	6,74	1,8		1,22	1 680
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,73	5,05	1,9		1,10	24
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,60	6,74	1,8		1,10	36
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	18,16	5,05	1,9		1,54	74
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	17,00	5,90	1,7		1,13	40
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	20,83	5,05	1,8		1,75	50
	Untersuchung vom 15. Mai 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,40	4,21	1,9	Spur	2,01	200
2	Müggelsee, filtrirt	15,60	4,21	1,7		1,73	44
2a	Lichtenberg	18,50	5,05	1,9		1,57	22
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,10	5,90	1,9		1,70	136
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,13	6,78	1,8		1,07	26
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,40	6,78	1,8		1,13	500

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	23,76	5,90	1,8		1,10	1 880
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	20,16	6,78	1,9		1,16	34
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	21,20	7,58	1,9		0,99	54
8	Schmidtstr. Nr. 16, SO.	18,20	4,21	1,9		1,50	26
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	21,00	6,78	1,8		1,10	12
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	18,66	5,05	1,8		1,53	58
	Untersuchung vom 1. Juni 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,33	3,95	2,0	Spur	2,19	170
2	Müggelsee, filtrirt	18,83	3,95	2,0		1,67	16
2a	Lichtenberg	17,16	4,79	2,0		1,73	22
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	22,16	5,64	2,0		1,85	90
4	Tegeler Wasser, filtrirt	24,16	4,79	2,1		1,16	24
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	22,00	6,49	1,6		1,22	2 700
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,16	6,49	1,5		1,25	720
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	21,66	8,19	1,8		1,22	42
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	21,50	6,49	1,9		1,28	46
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	17,66	5,64	2,1		1,62	50
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	21,33	7,33	2,1		1,37	48
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	18,16	5,64	2,2		1,80	50
	Untersuchung vom 15. Juni 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,6	3,85	2,2	Spur	2,15	94
2	Müggelsee, filtrirt	17,0	4,68	2,0		1,73	88
2a	Lichtenberg	17,5	5,51	2,0		1,73	60
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	20,3	11,85	1,9		2,09	160
4	Tegeler Wasser, filtrirt	20,6	6,33	1,3		1,58	80
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,3	5,51	1,7		1,51	360
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	22,6	9,64	2,1		1,24	128
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	19,5	7,99	1,7		1,21	216
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	20,0	8,81	1,7		1,33	140
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	23,3	7,16	1,8		1,82	40
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	19,5	7,99	1,7		1,24	192
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	17,5	7,16	1,8		1,73	56

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch KMnO$_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 1. Juli 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,3	6,48	2,0	Spur	2,06	300
2	Müggelsee, filtrirt	21,8	6,48	1,8	Spur	1,77	50
2a	Lichtenberg	21,0	6,53	2,0		1,68	26
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,8	6,48	1,8		1,77	480
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	17,1	8,18	1,6		1,35	46
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,6	6,53	1,8		1,35	840
5a	Charlottenburger Hochebhälter, Reservoir	23,3	5,64	1,7		1,27	162
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	18,3	6,20	1,7		1,29	54
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,0	6,48	1,7		1,41	68
8	Schmidtstr. Nr. 16, SO. . . .	17,5	4,79	1,9		1,86	54
9	Friedrichstr. Nr. 126, N. . . .	19,3	5,64	1,6		1,41	86
10	Weinmeisterstr. Nr. 15, C. . .	18,5	5,64	1,8		1,59	76
	Untersuchung vom 15. Juli 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,3	5,97	2,3	Spur	2,12	60
2	Müggelsee, filtrirt	16,8	5,97	2,1		1,65	54
2a	Lichtenberg	17,3	5,97	2,1	Spur	1,71	24
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	19,0	5,97	2,2	Spur	2,03	140
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	19,7	9,30	1,8		1,41	28
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	23,3	5,97	1,7		1,32	208
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,1	5,97	1,6		1,09	3080
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,3	5,97	1,6		1,38	46
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	19,0	5,97	1,6		1,56	48
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,0	5,97	2,1		1,89	30
9	Friedrichstr Nr. 126, N. . . .	18,8	5,97	1,7		1,62	64
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,5	5,97	1,9		1,97	22
	Untersuchung vom 1. August 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	21,0	5,90	2,4		2,27	76
2	Müggelsee, filtrirt	20,0	5,90	2,4		1,89	18
2a	Lichtenberg	20,6	5,90	2,4		1,74	8
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,1	5,90	1,7		2,36	60
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,3	5,90	1,7		1,74	18
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,1	5,90	1,6		1,50	156

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch K Mn O_4	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,3	5,90	1,7		1,56	26
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	18,0	5,90	1,7		1,65	116
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	18,3	5,90	1,7		1,62	162
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	14,8	5,90	2,3		1,80	12
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	14,0	5,90	1,7		1,47	432
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	19,0	5,90	2,3		2,09	24
	Untersuchung vom 15. August 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,16	4,53	2,5	Spur	2,16	440
2	Müggelsee, filtrirt	19,17	3,68	2,3		1,94	20
2a	Lichtenberg	19,40	4,53	2,3		1,43	22
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	23,06	6,23	1,7		1,94	58
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,06	5,38	1,8		1,37	26
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,53	4,53	1,5		1,37	68
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,16	4,53	1,3		1,59	224
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,50	4,53	1,6		1,69	80
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,00	4,53	1,7		1,69	52
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	23,13	5,38	2,4		1,69	20
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,0	5,38	1,7		1,69	66
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	20,0	5,38	2,1		1,65	92
	Untersuchung vom 1. September 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,0	7,32	2,3		1,60	74
2	Müggelsee, filtrirt	20,3	5,69	2,2		1,60	8
2a	Lichtenberg	19,3	6,51	2,3		1,30	34
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	20,6	7,32	1,6		1,90	274
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,5	7,32	1,6		1,30	96
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,0	6,51	1,6		1,30	158
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	18,6	6,51	1,7		1,30	300
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	17,3	5,69	1,5		1,20	46
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,6	6,51	1,6		1,60	94
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,1	6,51	2,3		1,40	72
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,6	7,32	1,7		1,40	170
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	20,0	5,69	2·3		1,60	742

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 15. September 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,8	4,88	2,1		1,60	60
2	Müggelsee, filtrirt	22,0	4,88	2,2		1,40	50
2a	Lichtenberg	19,1	4,07	2,1		1,50	24
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,0	5,69	1,7		1,50	160
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,3	5,69	1,8		1,20	6
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,3	4,07	1,6		1,20	1 550
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	18,0	5,69	1,7		1,20	620
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W . .	17,3	5,69	1,7		1,10	80
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	17,6	5,69	1,6		1,20	78
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,6	4,88	2,1		1,20	58
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,0	5,69	1,6		1,30	120
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,6	4,07	2,1		1,50	52
	Untersuchung vom 1. October 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	20,1	7,25	1,8		2,42	70
2	Müggelsee, filtrirt	17,6	6,14	1,9		2,08	60
2a	Lichtenberg	17,6	5,19	1,9		1,96	48
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,0	7,25	1,6		2,08	420
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,1	6,14	1,7		1,65	16
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer.	20,0	8,19	1,8		1,65	160
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,0	7,25	1,7		1,62	92
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,6	6,14	1,6		1,75	46
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,0	7,25	1,5		1,62	58
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,6	4,18	1,8		2,05	44
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,0	8,19	1,6		1,65	164
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	19,0	7,25	1,8		1,81	34
	Untersuchung vom 15. October 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,3	4,18	1,7		2,24	110
2	Müggelsee, filtrirt	16,6	4,18	1,8		2,24	44
2a	Lichtenberg	17,0	4,18	1,8		2,10	56
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	20,3	5,19	1,8		1,59	92
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	19,6	6,14	1,8		1,28	22
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,0	5,19	1,8		1,13	136

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch K Mn O_4	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,3	5,19	1,9		1,29	44
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	18,3	6,14	1,8		1,23	320
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,3	5,19	1,8		1,30	48
8	Schmidtstr. Nr. 16, SO. . . .	18,0	4,18	1,8		1,93	160
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,3	7,25	1,8		1,28	76
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	20,3	4,18	1,8		1,76	60
	Untersuchung vom 2. November 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,0	4,50	1,8		2,59	180
2	Müggelsee, filtrirt	16,3	2,80	1,7		2,48	52
2a	Lichtenberg	17,0	4,50	1.6		2,42	38
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	19,5	6.20	1,9		2,06	134
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	19,6	4,50	1,8		1,35	18
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,8	7,00	2,0		1,44	540
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	23,0	4,50	1,8		1,56	610
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,3	2,80	1,8		1,47	54
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,8	2,80	1,8		2,30	74
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,1	3,60	1,8		2,45	30
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,3	2,80	2,0		2,39	66
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	16,5	1,00	1,6		2,62	58
	Untersuchung vom 16. November 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,6	4,50	1,6		2,80	1 400
2	Müggelsee, filtrirt	18,3	3,60	1,5		2,50	76
2a	Lichtenberg	18,1	3,60	1,5		2,50	56
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,5	5,30	1,8		1,90	132
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,1	4,50	1,8		1,30	14
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,6	4,50	1,9		1,50	90
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,0	4,50	1,8		1,40	96
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,0	4,50	1,8		1,50	32
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,3	3,60	1,8		1,50	32
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,3	4,50	1,5		2,50	50
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,3	3,60	1,8		2,20	22
10	Weinmeisterstr. Nr. 15, C. . .	17,0	2,80	1,5		2,50	20

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 1. December 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,3	5,30	1,7		2,70	7 600
2	Müggelsee, filtrirt	18,0	4,50	1,7		2,40	210
2a	Lichtenberg	18,3	4,50	1,7		1,80	60
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,6	4,50	1,9		1,70	96
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,6	7,00	1,8		1,70	14
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	22,0	5,30	2,0		1,00	552
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	26,6	5,30	1,9		0,80	180
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	22,6	5,30	1,8		1,30	34
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,0	4.50	1,9		2,60	30
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	20,3	3,60	1,5		2,60	140
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	21,6	7,90	1,7		2,70	96
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	20,8	1,00	1,7		2,80	52
	Untersuchung vom 15. December 1896.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,3	2,20	1,7		1,90	1 680
2	Müggelsee, filtrirt	19,3	1,40	1,7		2,00	92
2a	Lichtenberg	20,3	1,40	1,6		2,00	120
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22 6	1,40	1,8		1,60	680
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,3	2,20	1,8		1,20	116
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	24,6	1,40	1,9		1,30	130
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,6	1,40	1,9		1,50	76
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,6	1,40	1,9		1,90	80
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,3	1,40	1,9		1,00	180
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,0	1,40	1,8		2,00	64
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,0	1,40	1,8		1,80	66
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	18,6	1,40	1,9		2,10	66
	Untersuchung vom 2. Januar 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,0	7,60	1,8		2,40	1 450
2	Müggelsee, filtrirt	19,3	6,80	1,8		2,30	44
2a	Lichtenberg	20,0	7,60	1,9		2,20	72
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	16,3	7,60	1,5		1,60	104
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,3	7,60	1,9		1,80	62
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,6	7,60	1,9		1,70	38

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch K MnO$_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,6	7,60	1,9		1,50	164
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,3	7,60	1,9		1,70	42
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,3	6,80	1,8		1,40	60
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	22,0	6,80	1,8		2,30	22
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	20,6	6,80	1,8		2,20	52
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	21,3	6,80	1,9		2,30	28
	Untersuchung vom 15. Januar 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	20,6	7,60	2,3		2,28	420
2	Müggelsee, filtrirt	20,0	7,60	1,9		2,21	22
2a	Lichtenberg	20,3	7,60	1,9		2,25	14
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,3	7,60	1,9		1,95	260
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,3	6,80	2,1		1,47	20
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	22,3	7,60	2,0		1,74	1 000
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	24,0	6,80	2,0		1,80	46
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	23,3	7,60	2,0		1,74	6
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	23,6	6,80	1,8		1,74	22
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	21,0	6,80	1,9		2,25	12
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,3	6,80	1,9		2,04	10
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	21,3	6,80	1,9		2,35	14
	Untersuchung vom 1. Februar 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	20,6	5,70	1,9		1,78	1 150
2	Müggelsee, filtrirt	22,0	4,80	2,1		1,64	24
2a	Lichtenberg	20,6	4,80	2,0		1,59	18
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	24,3	4,80	2,0		1,63	240
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	27,6	4,80	1,9		1,20	60
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	23,6	3,10	1,9		1,20	770
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	23,0	4,80	2,0		0,87	7 000
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	22,0	3,10	1,9		1,12	28
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	23,3	4,00	1,9		1,18	18
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	21,6	4,80	1,9		1,63	32
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,6	4,80	1,9		1,12	24
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	23,3	4,00	1,9		1,20	16

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 15. Februar 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	20,6	4,50	1,9	Spur	1,91	1 540
2	Müggelsee, filtrirt	21,6	4,50	2,1		1,76	32
2a	Lichtenberg	21,3	4,50	2,0		1,76	36
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,6	4,50	2,0		2,26	160
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	23,0	4,50	2,0		1,79	18
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	22,0	4,50	2,0		1,62	12 600
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	24,3	4,50	1,9		1,58	1 440
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	23,3	4,50	1,8		1,27	84
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,3	4,50	1,8		1,38	46
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	22,6	4,50	1,9		1,76	42
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,6	4,50	1,9		1,38	62
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C .	20,6	3,70	1,8		1,88	38
	Untersuchung vom 1. März 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,0	3,70	1,7		2,09	1 600
2	Müggelsee, filtrirt	19,3	4,50	1,7		1,89	28
2a	Lichtenberg	19,6	3,70	1,8		2,31	154
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt[1]) . .	4,6	0,00	0,6		0,45	11 200
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,0	5,40	1,9		1,64	38
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	22,0	3,70	1,9		1,60	960
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	23,0	3,70	1,9		1,60	1 120
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	22,6	3,70	1,9		1,36	118
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,6	5,40	1,9		1,63	120
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	20,3	3,70	1,8		2,09	56
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	22,6	5,40	2,0		1,69	1 350
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	21,0	4,50	1,8		2,13	84
	Untersuchung vom 15. März 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	15,0	2,80	1,5		1,90	950
2	Müggelsee, filtrirt	15,6	2,80	1,4		1,58	46
2a	Lichtenberg	16,3	2,00	1,4		1,55	48
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,3	2,80	2,0		1,31	610
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,0	2,80	2,0		1,53	34
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,6	2,00	1,9		1,08	380

1) Ein Versehen bei der Probeentnahme wahrscheinlich.

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,0	2,80	1,9		1,24	72
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,6	3,70	1,8		1,08	58
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	18,3	2,80	1,9		1,16	72
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	15,3	2,00	1,4		1,55	64
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	19,3	2,80	1,8		1,27	78
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	15,0	2,00	1,4		1,53	46
	Untersuchung vom 1. April 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	15,0	4,50	1,3		2,26	420
2	Müggelsee, filtrirt	15,0	1,90	1,4		2,00	52
2a	Lichtenberg	15,3	3,60	1,4		1,69	46
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,3	4,50	1,8		1,58	680
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,3	4,50	1,8		1,43	42
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,6	7,00	1,8		1,64	360
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,3	4,50	1,9		1,43	160
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,6	2,80	1,9		1,43	30
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,3	3,60	1,8		1,40	58
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	14,0	2,80	1,4		2,26	18
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	21,0	4,50	2,0		1,43	48
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	14,6	1,90	1,6		2,49	36
	Untersuchung vom 15. April 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	16,3	5,97	1,4		2,71	340
2	Müggelsee, filtrirt	16,0	2,56	1,4		2,15	78
2a	Lichtenberg	16,3	3,41	1,5		1,86	74
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,6	5,12	1,9		1,72	240
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	23,3	4,27	2,0		1,83	40
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,3	5,97	2,1		1,30	238
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	22,0	5,12	1,9		1,32	116
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,3	5,12	1,9		1,15	112
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	23,6	5,97	1,9		1,40	62
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	16,3	4,27	1,6		2,09	96
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	21,6	5,97	2,0		1,29	84
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	16,3	5,97	1,5		1,40	140

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 1. Mai 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,6	3,41	1,6		2,52	154
2	Müggelsee, filtrirt	16,3	3,41	1,6		2,35	92
2a	Lichtenberg	17,3	3,41	1,6		2,31	68
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,6	3,41	1,9		1,95	140
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	25,3	3,41	1,8		1,68	32
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,3	3,41	1,8		1,53	224
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	24,6	3,41	1,9		1,56	336
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,6	3,41	1,9		1,51	36
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,6	3,41	1,8		1,51	102
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,0	2,56	1,8		2,40	80
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	21,3	4,27	1,8		1,74	76
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,0	2,56	1,6		2,40	96
	Untersuchung vom 15. Mai 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,0	4,21	1,4		2,24	88
2	Müggelsee, filtrirt	17,6	3,37	1,6		2,15	70
2a	Lichtenberg	18,0	4,21	1,6		2,01	60
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,0	5,06	1,8		1,83	508
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,0	5,06	1,9		1,35	36
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,3	5,06	1,9		1,12	58
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	21,6	4,21	1,8		1,43	420
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,0	3,37	1,7		1,37	38
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,6	5,06	1,8		1,21	70
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,3	3,37	1,5		2,38	64
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,3	5,90	1,9		1,52	62
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,3	3,37	1,6		2,15	38
	Untersuchung vom 1. Juni 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,0	5,32	1,4		2,49	168
2	Müggelsee, filtrirt	18,6	4,48	1,6		2,20	48
2a	Lichtenberg	18,3	4,48	1,7		2,14	46
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,0	6,01	1,9		1 91	68
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	22,3	6,01	1,8		1,61	32
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,6	6,01	1,8		1,28	700

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch KMnO₄	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,3	6,01	1,8		1,25	1 680
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. .	21,6	6,01	1,9		1,37	86
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21,0	6,01	1,8		1,31	84
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	16,6	5,32	1,7		2.20	42
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,6	5,32	1.9		1,40	168
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	17,6	5,32	1,4		2,11	112
	Untersuchung vom 15. Juni 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,0	5,18	1,6		2,63	140
2	Müggelsee, filtrirt	16,6	4,32	1,5		2,60	48
2a	Lichtenberg	18,6	4,32	1,6		2,23	30
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,0	6,91	2,0		1,76	1 160
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,3	7,77	1,9		1,48	26
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,0	5,18	1,9		1,27	260
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,0	4,32	1,9		1,17	48
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,0	4,32	1,8		1,36	76
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,6	5,18	1,8		1,27	48
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,6	5,18	1,4		2,23	36
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,0	4,32	1,8		1,36	112
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	16,6	5,18	1,5		2,23	46
	Untersuchung vom 1. Juli 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,3	2,87	1,5		3,52	280
2	Müggelsee, filtrirt	20,3	3,73	1,5		3,30	42
2a	Lichtenberg	20,6	2,87	1,5		3,16	36
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	19,3	5,45	1,9		1.89	110
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,0	3,73	1,9		1,42	12
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,6	4,59	1,9		1,44	78
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,3	5,45	1,9		1,00	410
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,6	2,87	1,9		0,92	16
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	21.3	3,73	1,9		1,00	12
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,0	3,73	1,4		3,02	176
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,6	4,59	1,8		1,08	152
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	18,3	2,87	1,6		3,08	28

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 15. Juli 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	18,6	3,78	1,5		3,72	176
2	Müggelsee, filtrirt	19,3	3,78	1,5		3,72	22
2a	Lichtenberg	17,6	4,65	1,5		3,37	16
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	20,0	6,39	1,8		1,70	416
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,6	6,39	1,8		1,14	14
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,6	7,26	1,8		0,97	370
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	22,1	4,65	1,9		0,93	202
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,3	6,39	1,8		0,99	20
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,3	5,52	1,8		1,05	20
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,0	3,78	1,5		3,34	24
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,3	6,39	1,7		1,20	40
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	20,0	4,65	1,8		1,41	26
	Untersuchung vom 2. August 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,6	5,79	1,8		3,10	234
2	Müggelsee, filtrirt	20,3	5,79	1,6		3,42	30
2a	Lichtenberg	20,3	4,05	1,6		3,31	24
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,3	7,52	1,8		1,90	152
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,0	7,07	2,0		1,14	16
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,3	5,79	2,0		1,14	420
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,3	7,07	1,9		1,38	1 600
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	19,3	4,92	1,9		1,35	80
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	19,6	5,79	1,9		1,38	140
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,0	4,92	1,8		3,54	32
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	18,6	4,92	1,9		1,35	56
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	18,6	4,92	1,9		1,26	48
	Untersuchung vom 16. August 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,0	5,59	1,8		3,76	560
2	Müggelsee, filtrirt	17,0	6,47	1,9		3,70	80
2a	Lichtenberg	18,6	6,47	1,7		3,58	24
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,0	5,59	1,9		1,75	168
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,3	6,47	1,9		1,24	74
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,3	6,47	1,9		1,20	260

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,6	4,71	1,9		1,53	360
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	19,6	5,59	1,9		1,35	70
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	20,0	4,71	1,9		1,35	36
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	18,6	4,71	1,9		3,34	38
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N	20,6	5,59	1,9		1,47	40
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	20,0	4,71	1,9		1,84	20
	Untersuchung vom 1. September 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,3	4,71	1,7		3,82	700
2	Müggelsee, filtrirt	20,3	2,94	1,7		3,67	32
2a	Lichtenberg	19,6	3,82	1,7		3,55	156
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	20,3	5,59	1,9		2,06	82
4	Tegeler Wasser, filtrirt	19,6	6,47	1,9	Spur	1,78	46
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,3	4,71	2,0		1,64	2 050
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,6	4,71	1,9		1,53	1 216
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	19,6	3,82	1,9		1,14	86
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	20,3	4,71	1,9	Spur	1,05	48
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	19,0	4,71	1,7		3,04	58
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	20,6	3,82	2,0		1,08	50
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	19,3	4,71	1,9		2,11	38
	Untersuchung vom 15. September 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	19,0	4,71	1,5		3,97	520
2	Müggelsee, filtrirt	19,0	3,82	1,6		3,91	56
2a	Lichtenberg	19,6	3,82	1,6		3,85	54
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	21,6	5,59	2,0		2,08	140
4	Tegeler Wasser, filtrirt	20,6	4,71	1,8		1,29	20
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,3	5,59	1,9		1,21	144
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	18,0	4,71	1,9		1,24	1 120
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	20,0	4,71	1,9		1,17	52
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	19,3	3,82	1,8		1,39	50
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	18,3	3,82	1,6		3,64	36
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	19,6	4,71	1,9		1,42	104
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	18,0	4,71	1,7		2,68	62

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch K Mn O₄	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 1. October 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,6	4,53	1,5		4,51	270
2	Müggelsee, filtrirt	17,6	4,53	1,5		3,70	160
2a	Lichtenberg	19,6	4,53	1,5		3,76	68
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	21,6	5,38	1,9		2,06	72
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,0	5,38	1,9		1,39	10
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,0	4,53	1,9		1,21	192
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,6	4,53	1,9		1,44	1 680
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,6	4,53	2,1	Spur	1,32	26
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,0	3,68	1,8		1,32	38
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	19,0	4,53	2,0		2,07	62
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,3	4,53	1,5		1,35	28
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	19,0	3,68	1,7		3,07	24
	Untersuchung vom 15. October 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	16,6	5,38	1,5		3,43	440
2	Müggelsee, filtrirt	16,6	4,53	1,6		3,19	140
2a	Lichtenberg	17,3	3,68	1,6		3,40	64
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	20,0	5,38	1,8		1,60	188
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	20,0	5,38	1,9		1,24	20
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,6	5,38	1,9		1,29	660
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,0	4,53	1,9		1,26	8 400
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	20,3	6,23	1,9		1,24	32
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	20,3	4,53	1,8		1,26	26
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,0	5,38	1,5		3,31	58
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,3	4,53	1,8		0,93	22
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	19,3	6,23	1,9		1,29	16
	Untersuchung vom 1. November 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,6	4,53	1,8	Spur	2,97	440
2	Müggelsee, filtrirt	17,0	3,68	1,7		2,91	24
2a	Lichtenberg	18,3	4,53	1,6		2,80	56
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	22,3	7,09	2,0		1,51	68
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,0	5,38	2,0		1,18	16
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,3	5,38	2,0		1,22	14

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calciumoxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,0	6,23	2,0		1,04	440
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	21,3	5,38	2,0		0,93	24
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	21,6	7,94	1,9		0,85	44
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	17,0	4,53	1,5		2,47	54
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	20,3	4,53	1,9		0,88	8
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	19,6	6,23	1,7		1,26	34
	Untersuchung vom 15. November 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	16,3	4,53	1,7		2,14	510
2	Müggelsee, filtrirt	16,6	3,68	1,6		2,36	240
2a	Lichtenberg	17,6	2,83	1,8		2,61	210
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	21,0	5,38	2,0		1,62	160
4	Tegeler Wasser, filtrirt	20,6	5,38	1,9		1,32	40
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	21,3	5,38	1,9		1,22	920
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	22,6	6,23	1,9		1,46	500
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	22,3	5,38	1,9		1,37	32
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	22,0	5,38	1,9		1,43	14
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	17,6	3,68	1,7		2,47	76
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	22,6	6,23	1,8		1,40	76
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	22,0	5,38	1,9		1,62	28
	Untersuchung vom 1. December 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,0	3,68	1,7	Spur	2,65	1 600
2	Müggelsee, filtrirt	17,6	3,68	1,8		2,17	280
2a	Lichtenberg	18,6	2,83	1,8		2,50	140
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt	18,3	6,23	1,9		1,72	340
4	Tegeler Wasser, filtrirt	22,0	5,38	1,8		1,48	10
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	20,6	4,53	1,9		1,44	320
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	19,0	5,38	1,9		1,24	42
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W.	20,3	6,23	1,9		1,32	16
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW.	22,3	6,23	1,9		1,32	16
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO.	20,0	2,83	1,7		2,20	200
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N.	16,0	6,23	1,9		1,42	6
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C.	20,0	5,38	1,8		1,35	18

Digitized by Google

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Calcium-oxyd	Chlor	Ammoniak	Oxydirbarkeit durch $KMnO_4$	Anzahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm Wasser
	Untersuchung vom 15. December 1897.						
1	Müggelsee, unfiltrirt	17,3	3,68	1,8	Spur	2,50	1 210
2	Müggelsee, filtrirt	17,0	4,53	1,8		2,47	44
2a	Lichtenberg	18,0	3,68	1,9		2,64	164
3	Tegeler Wasser, unfiltrirt . .	24,6	6,23	1,9		2,24	280
4	Tegeler Wasser, filtrirt . . .	21,0	5,38	2,0		2,07	18
5	Charlottenburger Hochbehälter, Saugekammer	19,0	5,38	1,9		1,92	850
5a	Charlottenburger Hochbehälter, Reservoir	20,6	6,23	1,9		1,64	700
6	Wilhelmstrasse Nr. 75, W. . .	21,6	5,38	2,0		1,74	48
7	Wilhelmstrasse Nr. 117, SW. .	22,0	4,53	1,9		1,88	28
8	Schmidtstrasse Nr. 16, SO. . .	17,3	4,53	1,8		2,67	126
9	Friedrichstrasse Nr. 126, N. .	20,6	5,28	1,9		1,88	44
10	Weinmeisterstrasse Nr. 15, C. .	23,6	4,53	1,8		1,94	62

Digitized by Google

Vergleichende Studien über den Bacillus pyocyaneus und den Bacillus fluorescens liquefaciens.

Von

Dr. Stanislav Růžička,

Assistenten am Institute.

(Aus dem hygienischen Institute des Prof. Dr. G. Kabrhel in Prag.)

I.

Die ungewöhnliche Aehnlichkeit, ja Congruenz, welche zwischen dem B. pyocyaneus und dem B. fluorescens liquefaciens in morphologischer Hinsicht, sowie auch in vielen Punkten ihrer biologischen Eigenschaften besteht, ist sicher Jedermann aufgefallen, wer öfter Gelegenheit hatte, dieselben zu beobachten. Thatsächlich wurde auch (z. B. von Lehmann-Neumann, Atlas und Grundriss der Bacteriologie) die Vermuthung ausgesprochen, dass die beiden Mikroben in engerem Verhältnis zu einander stehen.

Von meinem Chef, Herrn Prof. Kabrhel, aufgefordert, habe ich diese Frage seit mehr als einem Jahre einem experimentellen Studium unterzogen, denn es wäre sicher von nicht geringem, nicht nur bacteriologischem, sondern auch hygienischem Interesse, wenn der als unschuldig angesehene Wassermikrobe und der in letzter Zeit als pathogen angesprochene Parasit nur zwei Erscheinungsformen eines und desselben Mikroben sein sollten.

Die Literatur dieser Frage ist allerdings ganz gering und beschränkt sich fast nur auf bacteriologische Handbücher, soweit nämlich in denselben die Eigenschaften der beiden Mikroben-

typen beschrieben sind. Denn es wurde zwar der B. pyocyaneus, welcher nach seiner ersten Reinkultivirung durch Gessard (1882) das lebhafteste Interesse der Chirurgen, sowie auch Bacteriologen an sich zog, in vielen Richtungen sehr gründlich studirt[1]), der B. fluorescens liquefaciens aber, welcher dem Hygieniker zwar oft bei seinen Wasseruntersuchungen in die Hände gelangt, aber als harmloser Wassersaprophyt angesehen wird, nur gelegentlich beobachtet wurde, ohne dass man sich mit demselben speciell beschäftigt hätte. Es basiren daher die Meinungen über den Verwandtschaftsgrad der beiden Mikrobentypen auf keinem festen Grunde.

Als einzige Arbeit (ausser dem schon erwähnten Grundriss der Bacteriologie von Lehmann-Neumann), welche die beiden Mikroben vergleichend in Betracht zieht, kenne ich diejenige von Frick[2]). In derselben habe ich die ausführlichsten und am besten mit meinen Erfahrungen übereinstimmenden Angaben über die die beiden Mikrobentypen unterscheidenden Momente gefunden. Nach dieser Arbeit ist auch hauptsächlich die folgende Darstellung der bisher bekannten Eigenschaften der beiden Mikrobentypen zusammengestellt.

Ausserdem wüsste ich nur die Angabe von Gessard[3]) anzuführen, dass der grünlich-gelbe Farbstoff des B. pyocyaneus und derjenige des B. fluorescens liquefaciens identisch sein dürften, da sie beide übereinstimmend in eiweissfreien Peptonnährflüssigkeiten nicht gebildet werden.

Im hängenden Tropfen werden beide Mikroben gleich geschildert: Kleine, kurze, lebhaft bewegliche Bacillen, welche meist zu 2 bis 3 verbunden sind.

Es wird zwischen den beiden Mikrobentypen der Unterschied angegeben, dass der Pyocyaneus nach Gram färbbar ist,

1) Aus der ungemein grossen Literatur über den B. pyocyaneus kann hier natürlich nur das berücksichtigt werden, was in engerer Beziehung zu diesen vergleichenden Studien steht.

2) Bacteriologische Mittheilungen über das grüne Sputum und über die grünen Farbstoff producirenden Bacillen. Virchow's Archiv, Bd. CXVI, 1889.

3) Annales de l'Institut Pasteur, 1890. Ref. im Centralbl. f. Bacteriol.

der Fluorescens aber nicht oder kaum (Lehmann-Neumann a. a. O., Korn nach schriftlicher Mittheilung). Anderen ist es wieder nicht gelungen, den Pyocyaneus nach Gram zu färben.

Auf der Gelatineplatte werden die jungen Colonien als kleine, runde Körnchen oder Tröpfchen bezeichnet, in deren Umgebung die Gelatine, — beim Fluorescens schneller, beim Pyocyaneus langsamer[1]) — verflüssigt wird. Bei kleiner Vergrösserung wird der Rand der Colonie beim Fluorescens als scharf, obwohl wegen zahlreicher gröberer Ausläufer unregelmässig, bezeichnet, beim Pyocyaneus aber meist als mit zahlreichen zarten radiären Fäserchen besetzt beschrieben. Z. B. Lehmann-Neumann (a. a. O.) dagegen finden weder makroskopisch noch mikroskopisch einen Unterschied. Die Verflüssigung kommt bei den oberflächlichen Colonien viel schneller zu Stande als bei den tieferen.

In der Gelatinestichcultur bildet der Pyocyaneus einen champagnerglasartigen Verflüssigungstrichter, der Fluorescens aber eine runde Verflüssigungsgrube, unter welcher im Stichcanale es zu einer nur sehr geringen Entwickelung ohne Verflüssigung kommt. Die verflüssigte, sowie auch die umgebende feste Gelatine sind grün gefärbt.

In der Agarstrichcultur entsteht ein gelbweisser bis grüner Belag und auch das Nährsubstrat zeigt grüne Verfärbung.

Auf Kartoffeln bildet sich beim B. pyocyaneus ein brauner oder auch grünlicher Belag und dieselbe Farbe erhält auch die Kartoffel. Beim Fluorescens wird nur die bräunliche Farbe (bei sonst gleichem Wachsthum) beschrieben.

In sterilisirter Milch soll nach den meisten Angaben zwischen den beiden Mikroben der Unterschied bestehen, dass der Pyocyaneus dieselbe coaguliren und dann das Caseïn peptonisiren soll, der Fluorescens aber nicht. Nach Frick (a. a. O.) soll dies auch vom Fluorescens gelten.

1) Bei Frick ist dies umgekehrt angegeben, was ich nicht zu erklären weiss.

Auf schräg erstarrtem Blutserum gedeiht der Pyocyaneus üppig unter Farbstoffbildung und Verflüssigung des Nährbodens. Vom Fluorescens habe ich in dieser Beziehung keine Angabe gefunden.

Als die günstigste Temperatur gilt für den Pyocyaneus die Körperwärme gegen 37° C., für den Fluorescens aber die Zimmertemperatur.

Bezüglich des Sauerstoffbedürfnisses wird von den Meisten der B. pyocyaneus als facultativ anaërob betrachtet, der Fluorescens aber als streng aërob. Nur bei Frick habe ich in dieser Hinsicht eine Abweichung gefunden, welcher beide Mikroben als streng aërob bezeichnet.

Der Farbstoff ist beim Pyocyaneus bläulichgrün bis gelbgrün, beim Fluorescens gelbgrün. Die Angabe von Gessard, dass der grüngelbe Farbstoff von den beiden Mikroben übereinstimmend in eiweissfreien Nährlösungen nicht gebildet wird, ist schon oben erwähnt worden.

Nach den Angaben mehrerer Forscher reagirt der Farbstoff des B. pyocyaneus auf Säuren und Alkalien ähnlich wie Lackmus; beim Fluorescens ist dies meines Wissens noch nicht geprüft worden.

Der Pyocyaneus wird als eiterbildender Mikrobe angesehen, es wird ihm aber von den meisten Forschern ein invasiver Charakter abgesprochen. Das Verhalten des B. fluorescens liquefaciens dem thierischen Organismus gegenüber ist noch nicht studirt worden.

Ich habe auch vorerst die mikroskopischen und culturellen Eigenschaften der beiden Mikrobentypen systematisch studirt und will meine Ergebnisse, soweit sie von denjenigen anderer Autoren abweichen, hier kurz wiedergeben.

Vorher will ich aber die Herkunft einiger Stämme der beiden Mikrobentypen, welche bei der Beschreibung der Experimente öfter zur Sprache kommen, angeben.[1])

1) Dieselben wurden durch wiederholtes Plattengiessen reingezüchtet, um sie ganz rein zu erhalten.

Digitized by Google

B. pyocyaneus Nr. 3: aus dem Eiter, welcher bei der Incision eines Leberabscesses unbekannter Aetiologie hervorquoll, gezüchtet. (Juni 1897.)

B. pyocyaneus Nr. 4 aus dem Wundsecrete einer postoperativen Wunde (nach Exstirpation scrophulös entarteter Axillardrüsen) im August 1897 gezüchtet.

B. pyocyaneus Nr. 5 aus dem Verbande, mit welchem ein nach Einklemmung einer Schenkelhernie entstandener Anus praeternaturalis bedeckt war, gezüchtet (Februar 1898).

B. fluorescens liquefaciens Nr. 3 aus einem Brunnenwasser gezüchtet.

B. fluorescens liquefaciens Nr. 4 aus einem Gänseteiche gezüchtet.

B. fluorescens liquifaciens Nr. 5 aus der filtrirtes Moldauwasser führenden Wasserleitung gezüchtet.[1])

Vor allem soll hier erwähnt werden, dass ich die Angabe von der Färbbarkeit des B. pyocyaneus nach Gram nicht bestätigen kann. Es kann sich bei meinen diesbezüglichen Versuchen kein Fehler eingeschlichen haben, da ich zu diesem Zwecke auch das Verfahren angewendet habe, dass auf demselben Deckglase ausser dem Pyocyaneus auch B. anthracis verrieben wurde, dass beide gleichmässig vermischt erschienen.

1) Um dem Vorwurf einer Inconsequenz vorzubeugen, welche darin erblickt werden könnte, dass ich am Anfang, sowie auch am Ende meiner Experimente eigentlich nicht gut im Klaren war, wie die beiden Mikrobentypen auseinandergehalten werden sollten, und trotzdem mir Culturen herausgezüchtet habe, welche ich mit dem einen oder dem anderen Namen bezeichne, will ich hier hervorheben, dass ich folgender Art verfuhr:

Um »Pyocyaneusculturen« zu gewinnen, habe ich aus »grünem Eiter« blaugrünen fluorescirenden Farbstoff producirende, die Gelatine verflüssigende Colonien isolirt, welche bei 37° C. viel üppiger gediehen und Farbstoff producirten als bei Zimmertemperatur.

Als »Fluorescensstämme« habe ich dagegen solche betrachtet, welche aus verschiedenen Wässern gezüchtet wurden, grünlich-gelben fluorescirenden Farbstoff erzeugten, Gelatine verflüssigten und bei Zimmertemperatur viel besser gediehen und Farbstoff producirten als bei 37° C. Formen, welche sich in die eine oder die andere Gruppe nicht einreihen liessen, wurden gemieden.

Digitized by Google

Nach Gram gefärbt zeigte das Präparat die Anthraxstäbchen sämmtlich tiefblau gefärbt, wogegen die Pyocyaneusbacillen sämmtlich ganz entfärbt waren.

Im Wachsthum auf der Gelatineplatte habe ich makroskopisch keinen konstanten Unterschied finden können. Auch den mikrospischen Unterschied — der Colonienrand beim Fluorescens scharf, beim Pyocyaneus mit zarten radiären Fäserchen besetzt — habe ich nicht für alle Fälle bestätigt gefunden.

Den champagnerglasartigen Verflüssigungstrichter habe ich auch bei mehreren Culturen beobachtet, welche sonst in allen ihren Eigenschaften mit dem Fluoroscenstypus übereinstimmten. Aber ich habe (bei sechs von mir aus Wundsecreten reingezüchteten Pyocyaneusstämmen) ein — wie ich glaubte entscheidendes — anderes Unterscheidungsmerkmal dem Fluorescenstypus gegenüber gefunden. Es zeigten nämlich die Pyocyaneusstämme in der Gelatinestichkultur folgendes Verhalten: Die im Stichkanale abgestreiften Individuen oder Gruppen von solchen entwickelten sich längs des ganzen Stichkanales in 6 bis 7 Tagen, wenn sie spärlich waren, zu isolirten 1 bis 2 mm grossen graulichen Kügelchen, welche aus verflüssigter Gelatine mit darin suspendirten Mikroben bestanden; wurde das Impfmaterial in reichlichem Maasse eingetragen, so flossen die einzelnen Kügelchen sehr bald (in 4 bis 6 Tagen) zu einem engen (3 bis 5 mm) Verflüssigungstrichter, welcher sich sehr langsam nach unten verjüngte, zusammen.[1]) Anders beim B. fluorescens liquefaciens: Bei diesem ändert sich überhaupt der Stichkanal sehr wenig, indem es auf den Wänden desselben zur Entwicklung von blos stäubchengrossen Kügelchen kommt, welche sich auch nach wochenlangem Wachsthum sehr wenig vergrössern und nie Verflüssigung der Gelatine herbeiführen (soweit dieselbe nicht von oben her fortschreitet). In einem Falle habe ich aber auch bei einem aus der Wasserleitung gezüchteten Bacillen, welcher sonst alle Merkmale des B. fluorescens liquifaciens bot, eine

1) Dadurch entsteht die von den Autoren sehr zutreffend bezeichnete »champagnerglasartige« Form des Verflüssigungstrichters.

Digitized by Google

ähnliche Art des Wachsthums, wie eben für den Pyocyaneus beschrieben, im Gelatinestichkanale, allerdings nur im oberen Theile desselben, beobachtet.

Es wird fernerhin von den Gelatinestichkulturen des B. pyocyaneus angeführt, dass sich die verflüssigte Gelatine mit einem Häutchen überzieht, wogegen ich nichts solches in Beschreibungen von ebensolchen Fluorescensculturen gelesen habe. Ich habe dies beim Pyocyaneus auch wohl constant beobachtet, aber auch bei einigen aus der Wasserleitung und aus Brunnen gezüchteten sonst in allen mit dem Fluorescenstypus übereinstimmenden Culturen; bei den weitaus meisten Fluorescensstämmen habe ich aber kein solches Häutchen gesehen.

Bei Agarstrichkulturen (Glycerinagar) habe ich im Ganzen recht constant folgenden Unterschied, welcher besonders bei älteren (2 bis 3 Wochen-) Culturen deutlich hervortritt, beobachtet: der B. fluorescens liquefaciens bildet einen gleichmässigen dicken, schleimigen gelbgrünlichen Belag und auch das Condensationswasser ändert sich nach einigen Wochen zu einer dickschleimigen Masse um. Beim Pyocyaneus aber habe ich immer einen dünnen, häutigen, trockenen gelb-, weiss- oder graugrünlichen Belag gesehen, welcher — zuweilen mehrere ein anderes Mal wenigere, kleinere oder grössere — Flecke aufweist, welche von unregelmässiger Gestalt sind und bei näherer Beobachtung sich in ausgeprägter Form als bedeutend dünnere, durchsichtigere Theile des Ueberzuges mit schwächerem oder stärkerem Irisglanze präsentiren. Die Anordnung dieser Flecke kann ganz unregelmässig sein, dieselben bilden aber oft einen mehr oder weniger einheitlichen in der Mitte des Belages der Länge nach verlaufenden Streifen. Es kann aber auch ein einfacher trockener in der Mitte des Belages verlaufender Längsstreifen vorkommen. Das Condensationswasser ist mit einem dünnen Häutchen überzogen.

Da die Autoren betreffs des Verhaltens der beiden Mikrobentypen der Milch gegenüber nicht übereinstimmende Angaben machen, habe ich folgenden Versuch gemacht:

In zehn sterilisirte mit Wattepfropfen versehene Eprouvetten wurden je 8 ccm pasteurisirter Milch eingefüllt und hiernach

Digitized by Google

durch 6 Tage täglich eine Stunde bei 60° C. gehalten. Von diesen so sterilisirten Milchproben wurden je zwei mit dem B. fluorescens liquefaciens Nr. 3, Nr. 4, dem B. pyocyaneus Nr. 3, Nr. 4 inficirt und von allen vier Probenpaaren je eine Eprouvette im Thermostaten (bei 37,5 bis 75° C.) und in einem kühlen Kasten am Gange (im September) gehalten; von den zwei übriggebliebenen nicht inficirten Milchproben wurde je eine als Controlprobe den zwei in verschiedenen Temperaturen gehaltenen Gruppen hinzugefügt.

Den Verlauf des Versuches zeigt folgende Tabelle:

Tabelle I.

Datum	Die Proben im kühlen Kasten					Die Proben im Thermostaten (37,5°)				
	B. fluoresc. liquef.		B. pyocyaneus		Controlprobe	B. fluoresc. liquef.		B. pyocyaneus		Controlprobe
	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 3	Nr. 4		Nr. 3	Nr. 4	Nr. 3	Nr. 4	
13.IX.	Die Fettschicht grünlich-gelb verfärbt		Unverändert.					Die Fettschicht grünlich-gelb verfärbt. Die Milch gerinnt.		
16.IX.	Die Milch gerinnt.		Unverändert					Die Milch ist geronnen, und das Casein theilweise verflüssigt.		
18.IX	Die Milch ist geronnen, das Casein wird verflüssigt.		Die Fettschicht grünlich-gelb, die Milch fängt an zu gerinnen.		Unverändert.	Unverändert.	Unverändert.	Die Milch ist geronnen, das Casein wird verflüssigt.		Unverändert.
28.IX.			Die Milch ist geronnen, das Casein wird verflüssigt.							
2. X.										
5. X.						Bleiben durch Wochen unverändert, auch nachdem sie am 5. X. in gewöhnl. Temperatur übertragen worden sind.				

Es hat sich also gezeigt, dass kein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Mikrobentypen in ihrem Verhalten sterilisirter Milch gegenüber besteht: beide bringen Gerinnung derselben hervor, aber nur bei niederen Temperaturen; bei Temperaturen, welche 37° C. übersteigen, lässt der B. fluorescens liquefaciens die Milch ungeronnen, was gar kein Wunder ist, da dieser Mikrobe bei solchen Temperaturen meist überhaupt nicht mehr fortzukommen vermag. Dass sich die Einwirkung des B. pyocyaneus auf die Milch bei gewöhnlicher Temperatur wieder verspätet, ist wohl wieder aus der Abhängigkeit des Wachsthums der beiden Mikrobentypen von verschiedenen Temperaturgraden zu erklären.

Betreffs des Wachsthums auf schräg erstarrtem Blutserum habe ich, wie schon erwähnt, nur vom Pyocyaneus Angaben gefunden; und da es von demselben gilt, dass er Serum verflüssigt, welche Eigenschaft nicht vielen Mikroben — meist nur den Fäulnissbacterien — zukommt, so war es von Wichtigkeit für mich, auch den Fluorescens in dieser Richtung zu untersuchen. Zu diesem Zwecke habe ich ein ähnliches Experiment, wie dasjenige mit der Milch ausgeführt. Je zwei Eprouvetten mit schräg erstarrtem menschlichen Placentarblutserum wurden mit B. fluorescens liquefaciens Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5 und B. pyocyaneus Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5 geimpft und je eine von den paarweisen Proben im Thermostaten (36,5° C.) und bei gewöhnlicher Temperatur (12 bis 22° C.) gehalten. Der Verlauf des Versuches ist in der Tabelle II S. 158 veranschaulicht.

Also auch auf dem erstarrten Blutserum verhalten sich die beiden Mikrobentypen im Grunde genommen gleich, es ergeben sich wieder nur Unterschiede, welche durch das Verhalten derselben verschiedenen Wärmegraden gegenüber zu erklären sind.

Betreffs des für die besprochenen Mikroben günstigsten Wärmegrades habe ich dieselben Erfahrungen wie andere Forscher gemacht; es soll hier nur noch hinzugefügt werden, dass der B. fluorescens liquefaciens bei Wärmegraden, welche 37° C. bedeutender übersteigen und dem Pyocyaneus noch ganz günstig

sind, in nicht vielen Tagen abstirbt. Einige Male habe ich aber auch aus Wässern Mikrobenstämme gezüchtet, welche sich bei 37° C. mindestens ebenso gut wie bei Zimmertemperatur entwickelten, sonst aber nach Art des Fluorescenstypus sich verhielten.

Tabelle II.

Datum	Die Proben im Thermostaten (36,5° C.)						Die Proben bei gewöhnlicher Temperatur (12—22° C.)					
	B fluorescens liquefaciens			B. pyocyaneus			B fluorescens liquefaciens			B. pyocyaneus		
	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 3	Nr 4	Nr. 5
2.III.	Kaum merkliches Wachsthum, das Serum unverändert.			Ueppiges Wachsthum, das Serum wird stark verflüssigt.			Mittelmässig starkes Wachsthum, das Serum wird nicht verflüssigt.					
4.III.	Kein weiteres Wachsthum, das Serum bleibt fest und zeigt minimale Fluorescenz.			Ueppiges Wachsthum, das Serum ganz verflüssigt, kräftige Farbstoffbildung.			Ueppiges Wachsthum, das Serum halb verflüssigt, Farbstoffbildung nicht sehr stark.			Kräftiges Wachsthum, das Serum etwas verflüssigt, reichliche Farbstoffbildung.		
9.III.	Unverändert.						Das Serum ganz verflüssigt, reichliche Farbstoffbildung.			Das Serum ganz zur Hälfte verflüssigt.		
16.III.	Unverändert.						Unverändert.					

Anfang des Experimentes am 1. III.

Das Sauerstoffbedürfnis besteht nach meinen Erfahrungen conform denjenigen von Frick (a. a. O.), bei beiden Mikrobentypen, aber beim Fluorescens ist dasselbe sehr gross, der Pyocyaneus aber begnügt sich manchmal auch mit einem sehr dürftigen Luftzutritte. Vor allem gilt das betreffs des Verflüssigungsvermögens der Gelatine bei beiden Mikroben: der Fluorescens vermag die Gelatine nur bei reichlichem Luftzutritte zu verflüssigen, der Pyocyaneus braucht aber dazu viel weniger davon. Durch diesen Umstand ist auch der Unterschied des Wachsthums der beiden Mikroben im Stichkanale der Gelatinestichkultur zu

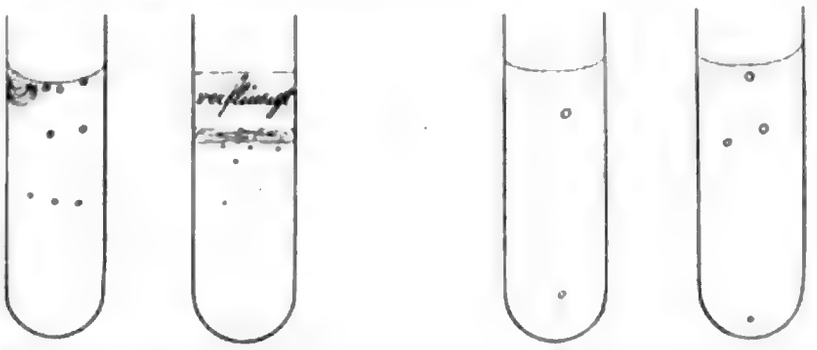
Digitized by Google

erklären. Beim Pyocyaneus verflüssigen nämlich auch die im tiefsten Theile des Stichkanales wachsenden Mikroben, während es beim Fluorescens zwar auch zur (wenn auch geringen) Entwickelung dortselbst kommt, welche aber mit keiner Verflüssigung der Gelatine verbunden ist. Sehr schön kann man dies auf Gelatineplatten mit hoher Schicht des Nährbodens beobachten: Da bleiben die tiefen Colonien viele Tage in Form von kleinen gelblichweissen Körnchen, an welchen keine Spur von Verflüssigung zu beobachten ist, unverändert; erst, wenn man die dieselben bedeckende Gelatineschicht mit der sterilen Platinnadel aufritzt, kommt es auch zur Verflüssigung.

Noch deutlicher aber wird dies durch den folgenden Versuch veranschaulicht:

31. III. wurde auf die übliche Art die erste und zweite Verdünnung, wie sie zum Zwecke des Plattengiessens aus Reinculturen hergestellt werden, von gleich alten Culturen des B. fluorescens Nr. 3, Nr. 4, B. pyocyaneus Nr. 3, Nr. 4 gemacht. Die ersten Verdünnungen wurden weggelegt und die zweiten in den stehenden Eprouvetten erstarren gelassen.

10. IV. in jedem von den vier Gelatineröhrchen ist in allen Schichten des Nährbodens eine Anzahl von Colonien ausgewachsen, deren Grösse im nachstehenden Schema veranschaulicht ist:



B. fluorescens liquefaciens. B. pyocyaneus.
Nr. 3. Nr. 4. Nr. 3. Nr. 4.

14. IV. Die Colonien der Pyocyaneusröhrchen — selbst diejenigen der tiefsten Gelatineschichten — erscheinen wieder bestimmt noch grösser; aber die tiefsten Colonien der Fluorescensröhrchen ohne merkliche Vergrösserung.

19. IV. Alle Pyocyaneuscolonien wieder grösser, die tiefsten Fluorescenscolonien erscheinen fortwährend unverändert.

Es ist aber noch ein weiteres Experiment in dieser Beziehung interessant: Ich habe nämlich auch mehrere erste Verdünnungen in Gelatineröhrchen von dem Fluorescens und ebenso

Digitized by Google

von dem Pyocyaneus erstarren gelassen, dann kurz stark abgekühlt und mit ebenso hoher Schicht steriler dem Erstarren naher Gelatine überschichtet. Solche Proben blieben monatelange (beim Pyocyaneus habe ich dies 3, beim Fluorescens 2 Monate verfolgt) unverändert und bei zeitweisem Ausgiessen derselben auf Platten erschien noch nach 3 (resp. 2) Monaten so ein reichliches Wachsthum, dass man kaum an eine Abnahme der Anzahl der ursprünglich eingesäten Individuen denken könnte. Es vermag also nach meinen Erfahrungen weder der B. pyocyaneus, noch der B. fluorescens liquefaciens sich bei Luftabschluss zu entwickeln; dieselben gehen aber bei Luftabschluss nicht zu Grunde[1]), sondern sind auch nach Monaten noch entwickelungsfähig. Dass an der Verhinderung der Entwickelung nicht der Mangel an Nährstoffen (wegen zu dichter Besäung des Nährbodens) Schuld trägt, erhellt aus dem Umstande, dass nach dem nachträglichen Ausgiessen der besäten Gelatineschicht auf eine Platte (zu welcher Luft reichlichen Zutritt hat), wie schon erwähnt wurde, ein reichliches Wachsthum zu Stande kommt.[2])

Eine Erfahrung, welche ich mit dem B. pyocyaneus Nr. 3 gemacht habe, spricht aber dennoch zu Gunsten der Anschauung, dass es Stämme vom Pyocyaneustypus geben kann, für welche Mangel an Luft günstigere Verhältnisse bietet, als reichlicherer Zutritt derselben. Dieser Stamm nämlich, welcher aus einem am 5. VI. 97 operirten Leberabscess (aus dem beim ersten Einstich hervorquellenden Eiter) gezüchtet worden war, zeigte anfangs Juli desselben Jahres in versiegelten Agarstrichkulturen

1) Beim Pyocyaneus ist dasselbe schon von Anderen constatirt worden (z. B. Lubinski).

2) Es sei hier bemerkt, dass der B. pyocyaneus Nr. 3 durch einen dreimonatlichen Aufenthalt in solcher hoher Gelatine seinen intensiv blauen Farbstoff verloren hat, alle seine übrigen charakteristischen Eigenschaften aber beibehielt; nur alte Culturen zeigten eine Spur von grünlichgelber Fluorescenz. Auch die Passage durch den Thierkörper (Meerschweinchen) konnte ihm sein Farbstoffbildungsvermögen nicht zurückgeben. — (Denselben Effekt sah Charrin nach Einwirkung höherer Wärmegrade und auch des Sonnenlichtes auf Pyocyaneusculturen.).

Digitized by Google

ein reichlicheres Wachsthum und reichlichere Farbstoffbildung als in unversiegelten.[1]) Der in der anderen Hälfte desselben Monats wiederholte Versuch hatte dasselbe Ergebnis; aber bei dritter Wiederholung anfangs August war in der versiegelten Eprouvette keine stärkere Entwickelung mehr bemerkbar.

Was das Verhalten des Farbstoffes betrifft, will ich hier vor allem anführen, dass ich auch beim Fluorescens eine ähnliche Reaction auf Zusatz von Salzsäure und von Ammoniak, wie es die Autoren beim Pyocyaneus angeben, gesehen habe. Die Reactionen wurden direct in der verflüssigten Gelatine von Gelatinereinculturen der beiden Mikroben angestellt: auf Zusatz von Salzsäure erfolgte in beiden Fällen Entfärbung der Flüssigkeit, welche wieder nach Zusatz von Ammoniak bis zur alkalischen Reaction ihre ursprüngliche Farbe annahm.

Es ist bekannt, dass der Farbstoff des B. pyocyaneus in alten Culturen in Braun übergeht. In einigen Fällen habe ich dies in geringerem Maasse auch beim Fluorescens beobachtet, obwohl andererseits viele Fluorescensculturen monatelange keinen braunen Ton annahmen.

Bei beiden Mikroben ist übereinstimmend nach meinen Erfahrungen im Allgemeinen die Farbstoffbildung vom Luftzutritte abhängig und zwar mit einer einzigen oben schon berührten Ausnahme (beim Pyocyaneus Nr. 3 gleich nach Reinzüchtung desselben aus einem Leberabscesse, in welchen offenbar die Luft keinen Zutritt hatte) in der Weise, dass Luftzutritt die Farbstoffbildung erst möglich macht. Zu diesem Zwecke wurden versiegelte und unversiegelte Agarstrichkulturen von B. fluorescens liquefaciens Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3, und von B. pyocyaneus Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3 im Thermostaten, sowie auch bei gewöhnlicher Temperatur gehalten.

Da Lehmann-Neumann (a. a. O.) beim Fluorescens eine Angabe macht, bei demselben meist schwache Indolbildung beobachtet zu haben, beim Pyocyaneus aber keine Indolbildung

1) Zwei andere Pyocyanei, welche schon länger auf künstlichen Nährböden wuchsen, zeigten das umgekehrte Verhalten.

angibt, fühlte ich mich veranlasst, auch auf diesen Punkt einzugehen, ob da vielleicht nicht ein Unterschied zwischen den beiden Mikrobentypen zu finden wäre. Zu diesem Zwecke wurde zu zehntägigen[1]) Bouilloncultureu von dem B. fluorescens liquefaciens Nr. 3, Nr. 4 und B. pyocyaneus Nr. 3 und Nr. 6 je 1 ccm einer 0,05 proc. Lösung von salpetrigsaurem Kali und dann je einige Tropfen concentrirter Schwefelsäure hinzugesetzt. Es erschien beim

B. fluorescens liquefaciens Nr. 3 eine starke Reaction,
B. fluorescens liquefaciens Nr. 4 eine Spur von Reaction,
B. pyocyaneus Nr. 3 deutliche Reaction,
B. pyocyaneus Nr. 6 sehr starke Reaction.

Es besteht also auch in dieser Hinsicht keine bestimmte Differenz zwischen den zwei Mykrobentypen.[2])

Mein grösstes Interesse wandte sich aber der Frage zu, wie sich die beiden Mikrobentypen unter verwechselten Bedingungen verhalten, nämlich der Fluorescens im Thierkörper und der Pyocyaneus im Wasser.

Auf diesem Wege glaubte ich entscheidende Anhaltspunkte über das Verhältnis der beiden Mykrobentypen finden zu können.

Deswegen habe ich vor Allem parallele Versuche angeführt, bei welchen zwei Thieren auf gleiche Art — dem einen ein typischer Pyocyaneus, dem anderen ein Fluorescens — eingespritzt wurden und sowohl der Verlauf der Infection klinisch beobachtet, als auch das Verhalten der Mikroben während desselben an dem Orte der Injection verfolgt wurde.

Solche Experimente sind mit dem B. pyocyaneus allerdings schon von vielen Forschern durchgeführt worden und dieser

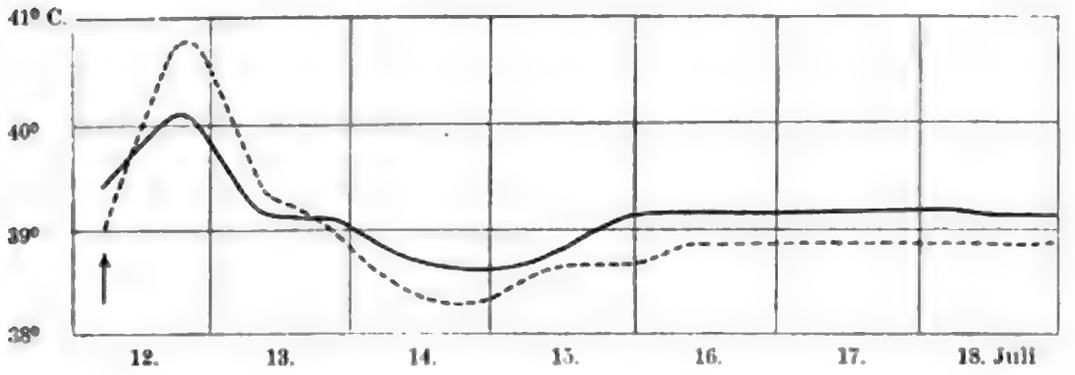
1) Es wurden zu diesem Zwecke so alte Culturen aus dem Grunde hergestellt, da es Chantemesse selbst bei Typhusculturen, wenn sie 10 Tage alt waren, Indol nachzuweisen gelang.

2) Dadurch soll jedoch die abweichende Angabe von Lehmann-Neumann keineswegs in Zweifel gezogen werden, da ich es bei der grossen Variabilität der beiden Mikrobentypen für ganz gut möglich halte, dass zwei Experimentatoren differente Resultate bekommen, und dass beide Resultate richtig sein können.

Digitized by Google

Mikrobe von Allen als eitererregend, von wenigeren aber als invasiv pathogen bezeichnet worden. Aber solche mit dem Fluorescens angestellte Experimente sind wohl sicher in der Literatur noch nicht beschrieben, obwohl sie zum Verständnis des Verhältnisses der beiden Mikrobentypen unumgänglich nothwendig sind.

12. VII. 97. Zwei mittelgrossen Kaninchen desselben Wurfes wurden unter antiseptischen Cautelen an der hinteren Fläche der rechten Ohrmuschel je 2 ccm einer wässerigen Emulsion von 5 kleinen Platinösen der Condensationsflüssigkeit und 1 Platinöse des Belages von einer 4tägigen Glycerinagarcultur — bei dem einen Thiere von B. pyocyaneus Nr. 3, bei dem anderen von B. liquefaciens Nr. 3 — subcutan eingespritzt. Es bildete sich — bei beiden Thieren fast gleich, nur bei dem Pyocyaneusthiere etwas



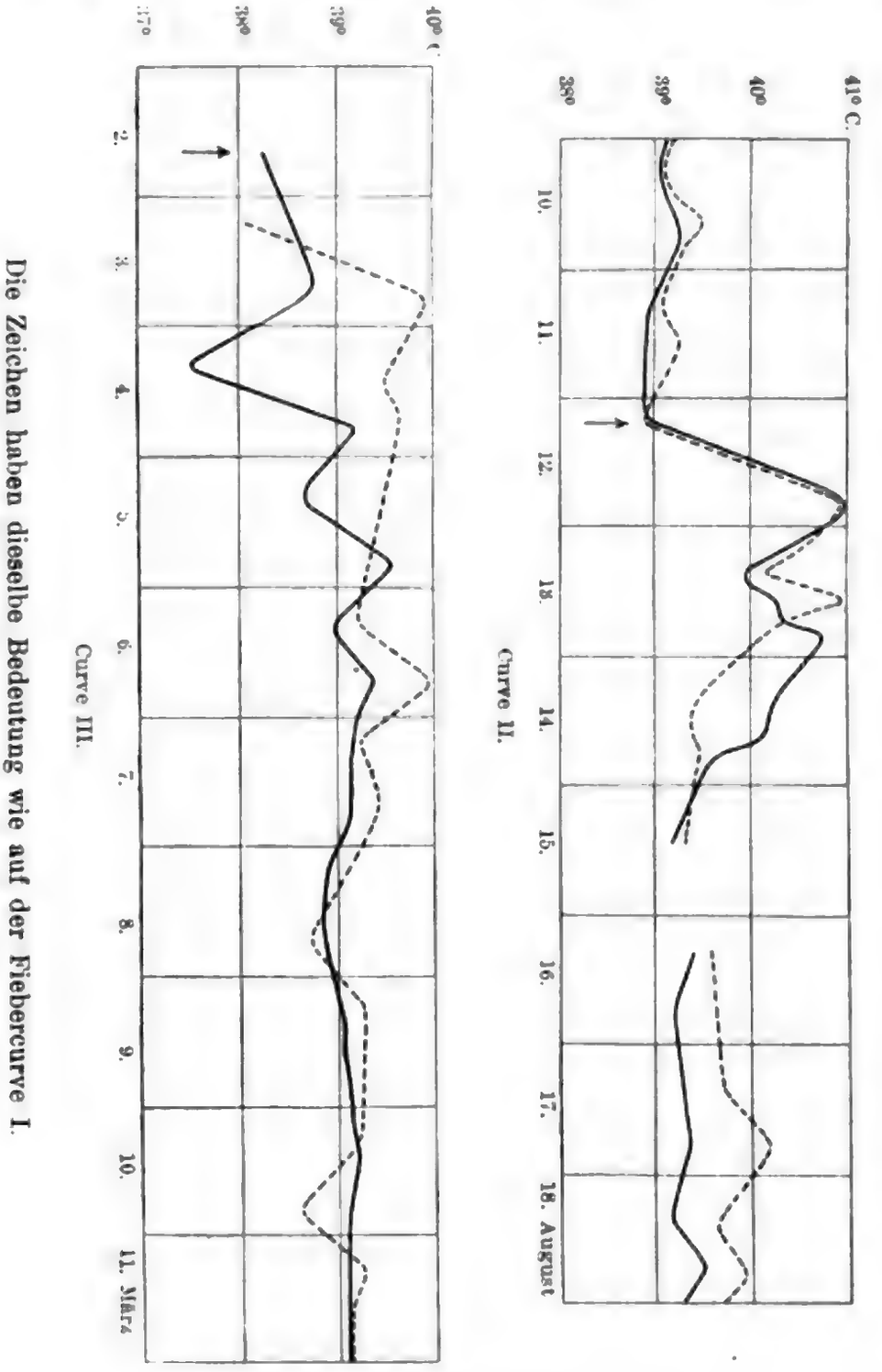
– – Fiebercurve des Kaninchens mit dem B. pyocyaneus.
—— Fiebercurve des Kaninchens mit dem B. fluorescens liquefaciens.
↑ Zeitpunkt der Einspritzung.

Curve I.

stärker — an der Injectionsstelle noch am selben Tage eine oedematöse Anschwellung, welche später einen ausgeprägt entzündlich oedematösen Charakter annahm, nach einigen Tagen aber mit den zurückgehenden Allgemeinerscheinungen (siehe die Fiebercurve) wieder geringer wurde. Am 20. VII. wurden die Injectionsstellen nach Desinfection derselben aseptisch eröffnet und bei beiden Thieren dortselbst ein kleines Quantum von dicker käsiger Masse vorgefunden, aus welcher beim Pyocyaneusthiere auf Gelatineplatten sowie auf Agarplatten im Thermostaten eine grosse Menge von Pyocyaneuscolonien in Reincultur, beim Fluorescensthiere aber keine Colonien wuchsen. (Curve I.)

Am 12. VIII. wurde an anderen zwei Kaninchen ein ebensolches Experiment mit dem B. pyocyaneus Nr. 4 und dem B. fluorescens liquefaciens Nr. 4 ausgeführt; nur sind beim Pyocyaneusthiere einige Tropfen von

der Emulsion ausgelaufen. Es verlief Alles ähnlich wie beim vorigen Versuche, die Entzündung war aber sehr bedeutend (die Ohrmuscheln fast in ihrer ganzen Länge stark oedematös) und bei beiden Thieren ungefähr gleich.



Die Zeichen haben dieselbe Bedeutung wie auf der Fiebercurve I.

Am 19. VIII. wurden die (fluctuirenden) Injectionsstellen aseptisch eröffnet; es wurde bei beiden Thieren dortselbst Eiter vorgefunden, in welchem durch mikroskopische Untersuchung keine Mikroben nachgewiesen

Digitized by Google

werden konnten, aber fortschreitend verdünnte Agarstrichculturen ergaben beim Pyocyaneusthiere reichliche Pyocyaneuscolonien, beim anderen aber, obwohl sie bei Zimmertemperatur gehalten wurden, blieben sie steril. (Curve II.)

Beim dritten solchen Versuche (mit dem B. pyocyaneus Nr. 5 und dem B. fluorescens liquefaciens Nr. 5 ausgeführt) wurden bei beiden Thieren in beide Ohrmuscheln Injectionen gemacht. Der Verlauf war ganz ähnlich wie vorher. Nach drei Tagen wurde der Eiter bacteriologisch untersucht (Gelatineplatten): beim Pyocyaneusthiere ergab sich eine Reincultur von B. pyocyaneus, beim Fluorescensthiere sterile Platten. Nach 10 Tagen wurde noch eine Probe von der anderen Ohrmuschel des Pyocyaneusthieres untersucht, welche wieder in Gelatineplatten ziemlich viele (aber weniger als die erste Probe) Colonien von B. pyocyaneus in Reincultur ergab. Den Temperaturverlauf zeigen die beigefügten Temperaturcurven. (Curve III.)

Da bei allen diesen drei Experimenten der B. fluorescens liquefaciens nach drei Tagen auf der Injectionsstelle nicht mehr nachgewiesen werden konnte, hielt ich es für angezeigt, weitere solche Experimente durchzuführen, bei welchen die Probeentnahme in kürzerer Zeit nach der Injection vorgenommen würde. In zwei solchen Experimenten, bei welchen zwei andere, aus der Wasserleitung gezüchtete Stämme von B. fluorescens liquefaciens benützt wurden, erwiesen sich die mit nach zwei Tagen entnommenen Proben inficirten Gelatineplatten auch schon steril. Eben denselben Erfolg ergab ferner ein weiterer Versuch, bei welchem einem Kaninchen in die eine Ohrmuschel auf die übliche Art eine wässerige Emulsion, in die andere aber sogar 1 ccm von einer zweitägigen Bouilloncultur des B. fluorescens liquefaciens Nr. 5 injicirt wurde: auch hier erwiesen sich die aus beiden Ohrmuscheln entnommenen Proben und zwar schon nach einem Tage als steril.

Man könnte bei oberflächlicher Betrachtung der angeführten Versuchsresultate in dem Umstande, dass der B. pyocyaneus im Kaninchen viele Tage nach der Injection noch nachzuweisen war, der B. fluorescens liquefaciens aber selbst nach einem Tage nicht mehr vorgefunden wurde, ein sicheres Unterscheidungsmerkmal der beiden Mikrobenformen vermuthen und den ersteren als pathogen, den zweiten aber als nicht pathogen ansehen.

Dies wäre aber sicher nicht zutreffend, da dieser Unterschied blos quantitativ ist; es schwindet nämlich der B. pyocya-

neus[1]) auch bei solchen Versuchen, wie früher schon beobachtet worden ist[2]) und wie ich mich auch bei dem letzten von drei eben beschriebenen Experimenten überzeugen konnte: die nach drei Tagen entnommene Probe wies eine weit grössere Menge von Colonien in den Gelatineplatten auf, als die um eine Woche spätere. Auf der anderen Seite aber habe ich wieder constatiren können, dass sich der B. fluorescens liquefaciens doch auch im Thierkörper und zwar beim Meerschweinchen einige Tage erhält, wobei auch an der Injectionsstelle Eiterherde entstehen.

Um zu eruiren, wie sich die beiden Mikrobentypen »unter saprophytischen Bedingungen« zu einander verhalten, habe ich vorerst einige Orientirungsversuche angestellt. Ich wollte mich nämlich vor Allem überzeugen, wie lange der B. pyocyaneus unter saprophytischen Verhältnissen sich zu erhalten vermag.

Zu diesem Zwecke habe ich den B. pyocyaneus Nr. 3 mit zwei anderen Wassermikroben in sterilisirtem Wasser aus der Wasserleitung $2^1/_2$ Monate bei Zimmertemperatur gehalten und durch zeitweise Probeentnahmen mich überzeugt, dass sich der Pyocyaneus fortwährend gut erhielt, ohne dass etwa seine Wachsthumsenergie sinken würde; die übrigen Mikroben aber traten dem Augenscheine nach (genaue Zählungen wurden bei diesen Orientirungsversuchen nicht vorgenommen) bedeutend zurück.

Auch in sterilisirter Gartenerde habe ich das Wachsthum des B. pyocyaneus bei Zimmertemperatur fast durch 2 Monate verfolgt, ohne eine Schwächung seiner Wachsthumsenergie beobachten zu können.

Nach diesen Vorversuchen, welche gezeigt haben, dass der B. pyocyaneus unter saprophytischen Bedingungen sehr lange fortzukommen vermag, ging ich an die genauere Untersuchung

1) Laehr (Referat im Centralblatt f. Bacteriol. 1888, S. 467) hat Aehnliches von dem den Thieren in die Lungen injicirten Staphyloc. pyog. aureus angegeben.

2) Ledderhose, Deutsche Zeitschrift für Chirurgie XXVIII, Schimmelbusch, Volkmann's Sammlung klinischer Vorträge, Abth. Chirurgie, Nr. 15.

ob und wie sich der Pyocyaneus vom Fluorescens unter solchen Umständen verhält[1]).

Zu diesem Zwecke stellte ich zwei grössere Versuchsreihen an, bei welchen möglichst alle die möglichen Combinationen der wichtigsten in der Natur vorkommenden Einflüsse zur Geltung kommen würden (Licht, Luft, organische Stoffe).

3. II. 98. In eine sterilisirtes Wasser enthaltende Eprouvette wurde von Gelatinereinculturen zweier die Gelatine nicht verflüssigenden aus dem Moldauflusse gezüchteten Mikrobien (beide präsentirten sich unter dem Mikroskope als kurze zitternd bewegliche Bacillen) ein kleines Quantum mittels der Platinnadel eingetragen, die Flüssigkeit gründlich durchschüttelt und in acht Glaskölbchen (à 300 ccm), welche à 50 ccm sterilisirten Wassers aus der Wasserleitung enthielten, je 0,2 ccm von dieser Emulsion mittels sterilisirter bacteriologischer Pipette hinzugesetzt. Zwei von diesen Kölbchen wurden dann noch mittels der Platinnadel mit einer Reincultur von dem B. fluorescens liquefaciens Nr. 3, zwei weitere mit B. fluorescens liquefaciens Nr. 4, andere zwei mit B. pyocyaneus Nr. 3 und die letzten zwei mit B. pyocyaneus Nr. 4 inficirt. Alle Kölbchen wurden gründlich durchschüttelt, von jeder Probe Gelatineplatten gegossen und dann eine Serie im Lichte (in einem verglasten Kasten, welcher einige Stunden nachmittags auch vom directen Sonnenlichte beschienen wurde), die andere im Dunkeln aufbewahrt. Die Temperatur mag im Laboratorium während der ganzen Versuchsdauer zwischen 5° bis 22° C. geschwankt haben. — In 5- bis 11tägigen Intervallen wurden dann von allen Proben Gelatineplatten auf die in der Anmerkung beschriebene Art[2]) gegossen und die Anzahl der auf denselben ausgewachsenen Colonien des B. fluorescens liquefaciens resp. des B. pyocyaneus sowie auch diejenige der anderen Mikroben festgestellt. Diese Zahlen sind in der beigefügten Tabelle Nr. III zusammengestellt; die fettgedruckten bedeuten die Anzahl der Fluorescens- resp. Pyocyaneuscolonien, die kleineren eingeklammerten diejenige der »anderen Colonien«.

1) Dass sich der B. pyocyaneus in verschiedenen Wässern zu vermehren vermag, ist schon früher constatirt worden (z. B. von Frankland, ref. im Centralbl. für Bact. 1887).

2) In die erste Verdünnung wurde eine geaichte dreifach zusammengelegte Platinöse voll (welche etwa 0,004 ccm Wasser fasste) der gut durchschüttelten Flüssigkeit eingetragen, und mit derselben Platinöse nach Ausglühung noch eine zweite Verdünnung gemacht. Bei der Entnahme der Flüssigkeit mit solcher Platinöse ist es nothwendig, um immer gleiche Flüssigkeitsmengen zu bekommen, beim Herausziehen der Oese aus der Flüssigkeit immer dieselbe Schnelligkeit anzuwenden. Ganz genau ist allerdings diese Abmessungsmethode schon aus dem Grunde nicht, weil die Gelatineeprouvetten nicht immer dieselbe Menge des Nährbodens enthalten. Es werden aber auch die geringeren Zahlenschwankungen nicht berücksichtigt.

Digitized by Google

Beim zweiten solchen Versuche wurden 12 Glaskölbchen à 300 ccm mit Wattepfropfen versehen, in deren Längsachse eine im oberen Drittel mit zwei festen Wattepfropfen armirte Glasröhre steckt, deren unteres Ende bis auf den Boden des Kölbchens reicht. In alle Kölbchen wurde je ein kleiner Halm von rein gewaschenem Gras gelegt und je 100 ccm Wasser aus der Wasserleitung eingefüllt, worauf die Kölbchen durch 3 Stunden im Dampfkochtopfe sterilisirt wurden. Hierauf wurde in 10 ccm sterilisirten Wassers mit der Platinnadel ein kleines Quantum von sechstägigen Gelatineeinculturen dreier aus dem Moldaufflusse gezüchteter, die Gelatine nicht verflüssigender Bacillen eingetragen, die Emulsion gut durchschüttelt und in jedes von den sterilisirten Kölbchen je 0,1 ccm davon mittels sterilisirter bacteriologischer Pipette eingebracht. Dann wurden alle Kölbchen gut durchschüttelt und je zwei davon mit je einer kleinen Platinöse verflüssigter Gelatine von sechstägigen Gelatineculturen des B. fluorescens liquefaciens Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5 und B. pyocyaneus Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5 inficirt. Alle Proben wurden gründlich durchschüttelt und aus jeder auf die oben beschriebene Art zwei Gelatineplatten gegossen.

Die Anzahl der Mikroben in allen Proben wurde anfangs täglich, später in grösseren Intervallen auf die angegebene Art mittels des Plattenverfahrens controllirt.

Durch die Proben wurden täglich verschiedene Mengen von durch Filtration sterilisirter Luft durchgetrieben. Genauere Angaben über die an verschiedenen Tagen durch die einzelnen Proben durchgetriebenen Luftmengen sind in den Anmerkungen zu der beigefügten Tabelle Nr. IV enthalten.

Die Anordnung der Luftdurchtreibung war nun folgende: Auf das obere Ende des den Watteverschluss der Kölbchen passirenden Röhrchens wurde eine Wattevorlage (ein in der Mitte etwas verengtes und von beiden Enden mit Watte ziemlich fest gefülltes, gegen 10 cm langes Glasröhrchen) mittels eines kurzen Kautschukröhrchens angefügt. Diese Vorlage wurde vorher immer sammt dem Kautschukröhrchen im Dampfe sterilisirt und vor neuer Sterilisation wurde der in der Richtung des Luftstromes zweite Tampon der Vorlage auf Keimgehalt geprüft[1]).

1) Ich prüfte dies mittels des Gelatineplattenverfahrens; auch bei der grössten vorgekommenen Inanspruchnahme zeigte sich der zweite Tampon immer steril, weswegen ich nach solchen, durch 4 Wochen täglich vorgenommenen Controlproben von denselben Abstand nahm.

Eine 6 Liter haltende Flasche, deren Korkstöpsel von zwei Glasröhren — eine bis auf den Boden reichend, die andere dicht unter dem Korke endigend — durchbohrt war, diente als Luftreservoir, aus welchem vermittels der kürzeren Röhre, die mit dem freien Ende der eben beschriebenen sterilen Wattevorlage mittels eines Kautschukröhrchens verbunden war, in die Proben Luft getrieben wurde; dies wurde durch in das Luftreservoir (durch die bis auf den Boden reichende Röhre) nachfliessendes Wasser bewirkt. Beim Durchtreiben von kleineren Luftquantitäten wurde einfach nach Anschluss der betreffenden Probe[1]) an den Wattefilter die bezügliche Wassermenge in das Luftreservoir mit Hilfe eines an die Wasserröhre angeschlossenen Trichters einfliessen gelassen. Handelte es sich darum, grössere Luftquantitäten durch die Proben durchzutreiben, wurden zwei solche Luftreservoire, deren Wasserröhren mittels eines Kautschukschlauches verbunden waren, — einer blos mit Luft gefüllt, der andere, die betreffende Wassermenge enthaltend — derart benutzt, dass die Probe an die Luftröhre des luftgefüllten Reservoirs angeschlossen und das Wasser aus dem anderen durch Heberwirkung in denselben entleert wurde; bei der folgenden Probe wurden blos die Flaschen immer umgestellt.

Aus den zwei Versuchsreihen, deren Resultate durch die zwei Tabellen dargestellt sind, glaube ich, betreffs des gegenseitigen Verhältnisses der uns interessirenden zwei Mikrobentypen den Schluss ziehen zu können, dass im Wasser unter verschiedenen Verhältnissen des Licht- und Luftzutrittes der B. pyocyaneus besser gedeiht und den Lebenskampf mit den von mir benutzten anderen Wassermikroben mit besserem Erfolge führt, als sein saprophytischer Zwillingsbruder; ferner, dass der B. pyocyaneus in einem an Pflanzenresten armen Wasser gut gedeiht und sich sogar vermehrt, der B. fluorescens liquefaciens aber meistens sehr rasch verschwindet — was durch Hinzufügung von Pflanzenresten hintangehalten werden kann. —

1) Stand die Probe vorher frei, ohne an eine solche sterilisirte Vorlage angeschlossen zu sein, so wurde der Tampon des Pfropfenröhrchens dieser Probe vorher abgebrannt.

Denn aus der Versuchsreihe mit den Gras enthaltenden Proben, welche den natürlichen Verhältnissen am nächsten steht, ersieht man, dass alle Fluorescensstämme sowohl im Lichte als auch im Dunklen in den ersten 2 bis 3 Tagen im Verhältnis zu den anderen Mikroben zurücktreten und sozusagen nach einem Depressionsstadium erst sich einigermaassen aufraffen, um sich (absolut sowie auch relativ im Verhältnis zu den anderen Mikroben) wieder zu vermehren; die »anderen Mikroben« behalten aber fortwährend das Uebergewicht; ja, es haben sich mit einer einzigen Ausnahme unter den sechs Fluorescensproben schon in den ersten Platten, welche gleich nach der Fertigstellung der Proben gegossen worden sind, bedeutend weniger Fluorescenscolonien im Verhältnis zu den andern Mikroben, als mutatis mutandis bei den genau gleich angefertigten Pyocyaneusproben entwickelt.

Bei den Pyocyaneusproben sieht man dagegen ausnahmslos kein »Depressionsstadium« — höchstens müsste dasselbe während des ersten eintägigen Intervalles verlaufen und die Depression sogar während dieser kurzen Zeit wieder noch überholt worden sein — sondern sogleich eine bedeutende absolute, sowie auch relative (im Verhältnis zu den anderen Mikroben) Vermehrung des Pyocyaneus. Im Ganzen behaupteten auch alle Pyocyaneusstämme während der Versuchsdauer ihr numerisches Uebergewicht über die anderen Mikroben, obwohl zeitweise — ohne dass ich einen besonderen Grund anzugeben wüsste — leichte transitorische Schwankungen im entgegengesetzten Sinne eingetreten sind.

Ausser dem eben berührten ist wohl kein durchgreifender Unterschied zwischen den zwei Mikrobentypen aus den Tabellen herauszulesen, da bei solchen Methoden auf vereinzelte und kleinere Zahlenschwankungen kein Gewicht zu legen ist.[1]) Es haben vielmehr alle die verschiedenen Momente, welche bei den Experimenten zur Geltung gekommen sind (directes Sonnen-

1) Ich möchte hier in aller Kürze auf den interessanten Umstand aufmerksam machen, dass sich aus meinen Tabellen (im Gegensatz zu den Erfahrungen anderer Forscher, welche allerdings meistens mit auf künstlichen

Digitized by Google

licht, zerstreutes Tageslicht, völlige Dunkelheit, reichlicher oder verhinderter Luftzutritt, Zusatz von Pflanzenresten zu den Proben), in demselben Sinne auf die beiden Mikrobentypen eingewirkt.

Aber auch betreffs des hervorgehobenen Unterschiedes ist wohl zwischen den beiden Mikrobentypen die Grenze nicht so scharf gezogen, wie man sich auf Grund der zweiten Versuchsreihe mit den im Wasser gehaltenen Mikroben vorstellen würde. Denn in der ersten Versuchsreihe zeigt die (und zwar nur die im Lichte stehende) Probe mit dem B. fluorescens Nr. 3 constant durch $2^1/_2$ Monate ein den mit Pyocyaneusstämmen inficirten entsprechendes Verhalten, ohne dass ich eine Erklärung dieser Erscheinung geben könnte, da alle Proben genau gleich hergestellt worden sind.

Wenn man nun aus allen den hier kurz vorgeführten Experimenten ein Urtheil über das Verhältnis des B. pyocyaneus und B. fluorescens liquefaciens ziehen will und zu diesem Zwecke nach unterscheidenden Momenten, welche sich in allen Fällen bewährt hätten, sucht, so findet man keine.

Die Sache verhält sich nämlich so, dass man an den verschiedenen Stämmen vielleicht alle überhaupt denkbaren Combinationen von den bei diesen Mikroben bis nun constatirten Eigenschaften finden kann, und zweitens, dass manche von diesen Eigenschaften in sehr verschiedener Abstufung vorkommen (z. B. die Intensität des blauen Farbstoffes, das Temperaturoptimum); drittens tritt aber noch der Umstand dazu, dass es zuweilen gelingt, künstlich solche Eigenschaften umzuändern, welche Aenderungen zuweilen lange Zeit anhalten können. Beim

Nährböden wachsenden Reinculturen verschiedener Mikroben arbeiteten) nothwendig der Schluss ergibt, dass weder zerstreutes Tageslicht noch directes Sonnenlicht eine bemerkbare abtödtende Wirkung auf meine Mikroben ausgeübt hat. Auch die Durchtreibung oder Nichtdurchtreibung von Luft durch die Proben hat keinen merklichen Einfluss auf die Mikrobenzahl ausgeübt; selbst dann nicht, wenn 10 Tage 20 bis 25 l und am Ende noch 2 Tage gegen 50 l Luft täglich durchgetrieben wurden. — Auch der das Wachsthum und die Vermehrung der Mikroben befördernde Einfluss von Pflanzenresten ist aus den beiden Versuchsreihen klar ersichtlich.

Pyocyaneus sind solche Umänderungen schon von mehreren Experimentatoren hervorgerufen worden. Ich habe vor kurzer Zeit über einige mir gelungene Umänderungen beim Pyocyaneus und beim Fluorescens liquefaciens im Centralblatte für Bacteriologie und Parasitenkunde I. Abth. vorläufigen Bericht erstattet.

Man kommt nun zu der Ueberzeugung, dass weitaus die meisten Stämme sich in zwei Typen ziemlich strenge einreihen lassen, dass es aber auch — allerdings wenigere — Stämme gibt, welche die meisten Eigenschaften mit dem einen Typus gemein haben, aber durch die eine oder die andere wieder ihre Zugehörigkeit zu dem anderen Typus documentiren[1]). Und wenn man infolgedessen dann von den beiden Typen diese Merkmale abstrahiren wollte, so bleibt dann für die Unterscheidung derselben nichts übrig.

Die Thatsache, dass es in morphologischer und cultureller Hinsicht solche Uebergangsformen zwischen den beiden Typen giebt, im Zusammenhalte mit meiner Erfahrung, dass die ausgesprochenen Pyocyaneusstämme im Wasser unter den mannigfachsten Bedingungen sehr gut und zwar sogar viel besser als der B. fluorescens liquefaciens gedeihen, trotzdem aber äusserst selten in öffentlichen Gewässern ein typischer Pyocyaneusstamm zu finden ist[2]), und dass die Möglichkeit der

1) Es ist wohl zum grossen Theil in diesem Umstande die Erklärung zu der Erscheinung zu suchen, dass die Angaben der Autoren über den B. pyocyaneus in manchen Punkten sehr auseinandergehen. Ich habe bei meinen Experimenten auch mit dem B. fluorescens liquefaciens betreffs der Inconstanz mancher Erscheinungen Erfahrungen gemacht, was freilich beim Experimentiren nichts Angenehmes ist.

2) Ich habe in den vielen Hunderten von aus den verschiedensten Wässern zu anderen Zwecken von mir gegossenen Gelatineplatten nicht ein einziges Mal einen typischen Pyocyaneus wachsen gesehen. Ich habe aber auch viele Male speciell zu diesem Zwecke aus dem Flusswasser und dem Leitungswasser Platten gegossen, auch ein Anreicherungsverfahren angewandt, indem ich die Wasserprobe 24 Stunden vorher bei 37° C. hielt: immer mit negativem Erfolge. — In der Literatur finde ich den Pyocyaneus als Wassermikroben angegeben bei Lustig (Diagnostik der Bact. d. Wassers 1893), bei Tils im Freiburger Leitungswasser (Zeitschr. f. Hyg. 1890) und Korn in den aus den Freiburger Rieselfeldern fliessenden Drainwässern (Archiv für Hygiene XXXII).

Veränderung von Eigenschaften solcher Mikroben von mehreren Seiten behauptet wird, macht es sicher fraglich, ob die beiden Typen wirklich biologisch-differente Arten sind.

Diese Erfahrungen haben mich bewogen, es zu versuchen, experimentell dieser Frage näher zu treten.

Nach vielen Versuchen ist es mir endlich gelungen, mehrere Male, worüber ich im Centralblatte für Bacteriologie und Parasitenkunde einen vorläufigen Bericht erstattet habe, sichere positive Versuchsergebnisse zu erzielen.

In einem Falle sind nämlich in Gelatineplatten, welche aus einer, einige bis viele Tage bei 37° C. gehaltenen Glycerinagarstrichcultur eines typischen B. fluorescens liquefaciens gegossen worden waren, Colonien ausgewachsen, welche gesättigt blaugrünen Farbstoff bildeten, im Kanale der Gelatinestichcultur sich reichlich entwickelten, bei 37° besser als bei gewöhnlicher Temperatur gediehen und Farbstoff producirten. Bei anderen solchen Experimenten sind aber keine solchen durchgreifenden Veränderungen zu Stande gekommen, sondern nur eine Verstärkung (zuweilen aber auch Schwächung) der Farbstoffbildung, oder eine grössere oder geringere Accommodation an höhere Wärmegrade.

Andererseits habe ich bei im gelüfteten Wasser gehaltenen Proben von B. pyocyaneus gefunden, dass sie, auf Gelatineplatten ausgegossen, Colonien ergeben, welche den blauen Ton des Farbstoffes theilweise oder fast ganz verloren haben, zuweilen sogar auch im Stichkanale der Gelatinestichcultur weniger reichliche Entwickelung zeigten oder auch in einem Falle im Thermostaten abgeschwächtes Wachsthum aufwiesen.

Schon in diesem Stadium der Experimente war es auffallend, dass sich unter denselben Bedingungen — soweit man sie wenigstens beim Experimente zu beherrschen vermag — nicht immer derselbe Effect einstellt. Ich habe dies zum Theil auch schon in der vorläufigen Mittheilung hervorgehoben[1]).

1) Aehnliches haben auch schon Andere beobachtet, z. B. Kukula sah zuweilen nach Passage eines B. pyocyaneus durch den Thierkörper Verstärkung des blauen Farbstoffes, ein anderes Mal wieder Verlust desselben. (Bac. pyocyaneus, Verhandl. d. böhm. Kaiser Franz Josephs-Akad. in Prag, 1896.)

Bei der weiteren Wiederholung dieser Experimente und anderen Modificationen derselben habe ich ebensolche Erfahrungen gemacht, sodass ich es für angezeigt halte, noch weiter nach den Ursachen dieser Erscheinung zu suchen und die ausführlichere Beschreibung dieses Theiles meiner Studien über die zwei Mikrobentypen mir für eine weitere Mittheilung vorzubehalten.

Es erscheint eine weitere Prüfung bei dem grossen Interesse, welches sich an diese Erscheinungen knüpft, geboten, trotzdem

Tabelle III. **Anzahl der in den Gelatine**

Datum	Die Proben im Lichte			
	den B fluoresc. liq. Nr. 3 enthaltend	den B. fluoresc. liq. Nr. 4 enthaltend	den B pyocyaneus Nr. 3 enthaltend	den B pyocyaneus Nr. 4 enthaltend
3. II.	1. Verdünnung —	1. V. —	1. V. —	1. V. —
	2. Verd. 1 Col. (es überwiegen d. aud. Mikroben)	2. V. 2 Col. (es überwiegen d. and. Mibroben)	2. V. 7 Col (andere Mikr. 0)	2. V. 2 Col. (and. Mikr fast keine)
8. II.	1. V. —	1. V. 1 » (»)	1. V. —	1. V. —
	2. V. 4 » (»)	2. V. 0 » (andere Col. 0)	2. V. 60 Col. (and. Mikr. fast keine)	2. V. 4 » (»
13. II.	1. V. —	1. V. 0 » (do. 46)		1. V. —
	2. V. 1 » (»)	2. V. 0 » (do. 0)	2. V. 12 » (do. 2)	2. V. 4 » (»
18. II.	1. V. —	1. V. 0 (do. 1)		1. V. —
	2. V. 1 » (andere Mikr 2 Colonien)	2. V. 0 » (do. 0)	2. V. 37 » (do. 3)	2. V. 0 » (and Mikr 1
23. II.	1. V. —	0		1. V.
	2. V. 1 » (andere Mikr. 8 Col.		2. V. 19 » (do. 0)	2. V. 0 » (do. 0
1. III.	1. V. —	0		1. V. 180 (do. sehr wenig
	2. V. 1 » (do. 9 Col.)		2. V. 31 » (do. 4)	2. V. 0 » (do. 0
6. III.	1. V. —	0		1. V. 1920 » (do 600
	2. V. 0 » (do. 3 »)		2. V. 26 (do. 1)	2. V. 0 » (do. 0
11. III.	1. V. 250 » (do. 12000 »)	0		1. V. unzählbar
	2. V. 0 » (do. 0 »)		2. V. 18 » (do. 1)	2. V. 0 Col. (do. 0
22. III.	1. V. —	0		1. V.
	2. V. 1 » (do. 2 »)		2. V. 8 » (do. 4)	2. V. 2 » (do. 2
2. IV.	1. V. —	0		1. V. —
	2. V. 1 » (do. 8 »)		2. V. 30 » (do. 6)	2. V. 9 » (do. 7
8. IV.[1]	1. V. —	0		1. V. —
	2. V. 31 » (do. 197 »)		2. V. 108 » (do. 200)	2. V. 233 » (do 100
18. IV.	1. V. —			1. V. —
	2. V. 18 » (do. 198 »)		2. V. 200 » (do. 230)	2. V. nicht zählbar, mehr als am 8 IV

1) Am 5. IV. wurden zu jeder Probe einige kleine Halme sterilisirten Grases hinzugefügt.

dass ein zufriedenstellender, positiver Erfolg aus dem Grunde nicht sehr wahrscheinlich ist, da, wie schon erwähnt, zuweilen auf derselben Platte, welche also mit der möglichst grossen Sicherheit Keime aus denselben Verhältnissen enthält, Colonien von recht abweichendem Verhalten auswachsen.

Herrn Prof. Kabrhel, welcher mich bei diesen Studien allseitig unterstützt hat, statte ich meinen herzlichsten Dank ab.

platten gewachsenen Colonien. Tabelle III.

Die Proben im Dunkeln

den B. fluoresc. liq. Nr. 3 enthaltend	den B. fluoresc. liq. Nr. 4 enthaltend	den B. pyocyaneus Nr. 3 enthaltend	den B. pyocyaneus Nr. 4 enthaltend
1. V. —	1. V. —	1. V. —	1. V. —
2. V. 8 Col	2. V. 0 Col. (and. Mikr. einige)	2. V. 0 Col.	2. V. 2 Col. (andere Mikrob. wenig)
1. V. 2 •	1. V. 0 • (and. Mikr. wenige)	1. V. —	1. V. —
2. V. 0 •	2. V. —	2. V. 3 • (andere Mikr. fast keine)	2. V. 10 • (•)
1. V. 0 • (and. Mikr. 12)	1. V. 0 • (and. Mikr. 2)	1. V. —	1. V. —
2. V. 0 • (do. 0)	2. V. —	2. V. 6 • (do.)	2. V. 61 • (andere Mikrob. fast keine)
1. V. 0 • (do. 3)		1. V. —	1. V. —
2. V. 0 • (do. 0)	0	2. V. 4 • (andere Mikr. 5)	2. V. 63 • (andere Mikrob. 2)
		1. V. —	1. V. —
0	0	2. V. 4 • (do. 2)	2. V. 37 • (do. 1)
		1. V. —	1. V. —
0	0	2. V. 5 • (do. 0)	2. V. 47 • (do. 3 (
		1. V. —	1. V. —
0	0	2. V. 2 • (do. 0)	2. V. 26 • (do. 5 (
		1. V. —	1. V. —
0	0	2. V. 4 • (do. 0)	2. V. 16 • (do. 2)
		1. V. —	1. V. —
0	0	2. V. 10 • (do. 0)	2. V. 18 • (do. 21)
		1. V. —	1. V. —
0	0	2. V. 12 • (do. 0)	2. V. 40 • (do. 2)
		1. V.	1. V. Die Anzahl der Col. bedeutend vermehrt, aber viele davon haben mehr oder weniger abweichend. Aussehen, so dass es nicht gut möglich ist, sie zu unterscheiden[2]).
0	0	2. V. 307 • (do. 4)	2. V.
		1. V.	1. V.
—	—	2. V. 359 •	2. V.

2) Weitere Mittheilungen hierüber werden später gemacht werden.

Digitized by Google

Tabelle IV. **Anzahl der in den Gelatine-**

Die Proben im Lichte

Tag der Probe-entnahme	den B. fluorescens liquefaciens enthaltend			den Bacillus pyocyaneus enthaltend		
	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
5. März	1. Verdünnung 23 Kol. (138) 2. Verd. 0	1. V. 180 (120) 2. V. 0	1. V. 2 (56) 2. V. 0	1. V. 720 (60) 2. V. 1 (1)	1. V. 240 (60) 2. V. 0	1. V. 300 (600) 2. V. 1 (0
6. »	1. Verd. 6 (100) 2. Verd. 0	1. V. 2 (500) 2. V. 0	1. V. 0 (52) 2. V. 0	1. V. 2400 (120) 2. V. 3 (0)	1. V. 420 (60) 2. V. 0 (1)	1. V. unzählbar 2. V. 18 (0
7. »	1. V. 800 (10000) 2. V. 0 (2)	1. V. unzählbar 2. V. 1 (50)	1. V. 0 (1800) 2. V. 0 (1)	1. V. unzählbar 2. V. 400 (2)	1. V. 2000 (420) 2. V. 2 (0)	1. V. unzählbar 2. V. 92 (14)
8. »	1. V. unzählbar 2. V. 3 (16)	1. V. unzählbar 2. V. 3 (69)	1. V. unzählbar 2. V. 0 (44)	1. V. unzählbar 2. V. 360 (2)	1. V. unzählbar 2. V. 0 (1)	1. V. unzählbar 2. V. 82 (24)
9. »	1. V. unzählbar —	1. V. unzählbar —	1. V. unzählbar —	1. V. unzählbar 2. V. 148 (28)	1. V. unzählbar 2. V. 18 (34)	1. V. unzählbar 2. V. 340 (11
10. »	1. V. unzählbar 2. V. 8 (70)	1. V. unzählbar 2. V. 13 (52)	1. V. unzählbar 2. V. 3 (55)	1. V. unzählbar 2. V. 700 (4)	1. V. unzählbar 2. V. 74 (85)	1. V. unzählbar 2. V. 240 (12)
11. »	1. V. unzählbar 2. V. 4 (46)	1. V. unzählbar 2. V. 23 (87)	1. V. unzählbar 2. V. 7 (51)	1. V. unzählbar 2. V. 200 (20)	1. V. unzählbar 2. V. 27 (47)	1. V. unzählbar 2. V. 100 (40)
12. »	1. V. unzählbar 2. V. 4 (36)	1. V. unzählbar 2. V. 19 (78)	1. V. unzählbar 2. V. 9 (69)	1. V. unzählbar 2. V. 480 (19)	1. V. unzählbar 2. V. 47 (55)	1. V. unzählbar 2. V. 82 (17)
13. »	1. V. unzählbar 2. V. 4 (37)	1. V. unzählbar 2. V. 10 (68)	1. V. unzählbar 2. V. 7 (55)	1. V. unzählbar 2. V. 84 (12)	1. V. unzählbar 2. V. 46 (37)	1. V. unzählbar 2. V. 74 (32
16. »	1. V. unzählbar 2. V. 1 (48)	1. V. unzählbar 2. V. 27 (63)	1. V. unzählbar 2. V. 12 (87)	1. V. unzählbar 2. V. 91 (13)	1. V. unzählbar 2. V. 29 (33)	1. V. unzählbar 2. V. 98 (30)
19. »	1. V. unzählbar 2. V. 2 (47)	↑1. V. unzählbar 2. V. 11 (60)	1. V. unzählbar 2. V. 13 (92)	↑1. V. unzählbar 2. V. 92 (14)	1. V. unzählbar 2. V. 54 (42)	1. V. unzählbar 2. V. 127 (30)
22. »	1. V. unzählbar 2. V. 1 (39)	1. V. unzählbar 2. V. 22 (89)	1. V. unzählbar 2. V. 11 (89)	1. V. unzählbar 2. V. 105 (19)	1. V. unzählbar 2. V. 41 (36)	1. V. unzählbar 2. V. 67 (24)
27. »	1. V. unzählbar 2. V. 4 (63)	1. V. unzählbar 2. V. 16 (198)	1. V. unzählbar 2. V. 22 (129)	1. V. unzählbar 2. V. 187 (42)	1. V. unzählbar 2. V. 66 (45)	1. V. unzählbar 2. V. 214 (36)
31. »	—	1. V. unzählbar 2. V. 10 (140)	1. V. unzählbar 2. V. 24 (146)	1. V. unzählbar 2. V. 119 (21)	1. V. unzählbar 2. V. 63 (38)	1. V. unzählbar 2. V. 176 (14)
4. April	—	1. V. unzählbar 2. V. 18 (153)	1. V. unzählbar 2. V. 16 (158)	1. V. unzählbar 2. V. 84 (15)	1. V. unzählbar 2. V. 113 (67)	1. V. unzählbar 2. V. 200 (3)
7. »	—	1. V. unzählbar ↓2. V. 8 (170)	1. V. unzählbar 2. V. 16 (176)	1. V. unzählbar ↓2. V. 141 (26)	1. V. unzählbar 2. V. 86 (66)	1. V. unzählbar 2. V. 225 (20)
10. »	—	1. V. unzählbar 2. V. 26 (150)	↑1. V. unzählbar 2. V. 33 (168)	1. V. unzählbar 2. V. 154 (37)	↑1. V. unzählbar 2. V. 98 (55)	1. V. unzählbar 2. V. 175 (6)
17. »	—	—	1. V. unzählbar ↓2. V. 17 (167)	—	1. V. unzählbar ↓2. V. 103 (50)	1. V. unzählbar 2. V. 252 (6

Anmerkungen: Das Zeichen ↕ bedeutet, dass während dieser Zeit keine Durchlüftung der betreffenden Proben stattfand.

Bis zum 27. III. wurden durch jede Probe täglich nachmittags 200 ccm Luft in ungefähr ½ Stunde durchgetrieben. Mit dem 28. III. angefangen, etwa 5 l Luft täglich in ungefähr 1 Stunde. Durch die Probe im Lichte, welche den B. pyocyaneus Nr. 5 enthielt, wurden mit dem 5. IV. angefangen, 20 l Luft täglich binnen mehrerer Stunden getrieben.

Digitized by Google

platten ausgewachsenen Colonien. Tabelle IV.

Die Proben im Dunklen

den B. fluorescens liquefaciens enthaltend			den Bacillus pyocyaneus enthaltend		
Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
1. V. 120 (600)	1. V. 420 (800)	1. V. 37 (90)	1. V. 400 (40)	1. V. 86 (42)	1. V. 560 (500)
2. V. 0	2. V. 0	2. V. 0	2. V. 0 (1)	2. V. 0	2. V. 1 (1)
1. V. 0 (13)	1. V. 150 (300)	1. V. 2 (53)	1. V. 2200 (120)	1. V. 3000 (600)	1. V. unzählbar
2. V. 0	2. V. 0	2. V. 0 (1)	2. V. 2 (0)	2. V. 1 (1)	2. V. 1 (1)
1. V. 60 (1400)	1. V. unzählbar	1. V. 6 (350)	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. 2000 (480)
2. V. 0 (1)	2. V. 3 (1)	2. V. 0 (1)	2. V. 140 (52)	2. V. 50 (500)	2. V. 1 (1)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 8 (52)	2. V. 16 (25)	2. V. 2 (13)	2. V. 140 (68)	2. V. 184 (56)	2. V. 3 (51)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
–	–	–	2. V. 272 (28)	2. V. 220 (36)	2. V. 23 (51)
2. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 18 (114)	2. V. 15 (40)	2. V. 20 (74)	2. V. 240 (38)	2. V. 252 (32)	2. V. 71 (48)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 10 (59)	2. V. 24 (120)	2. V. 31 (35)	2. V. 168 (28)	2. V. 196 (44)	2. V. 66 (46)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 9 (63)	2. V. 35 (49)	2. V. 30 (30)	2. V. 137 (41)	2. V. 188 (52)	2. V. 44 (43)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 6 (38)	2. V. 15 (33)	2. V. 9 (20)	2. V. 170 (45)	2. V. 222 (27)	2. V. 44 (62)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 1 (61)	2. V. 23 (70)	2. V. 16 (41)	2. V. 176 (25)	2. V. 167 (36)	2. V. 55 (57)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 1 (77)	2. V. 15 (41)	2. V. 14 (35)	2. V. 190 (49)	2. V. 284 (66)	2. V. 59 (69)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 4 (60)	2. V. 18 (66)	2. V. 19 (57)	2. V. 278 (76)	2. V. 181	2. V. 54 (55)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
1. V. 3 (57)	2. V. 11 (90)	2. V. 11 (52)	2. V. 259 (82)	2. V. 282 (22)	2. V. 95 (52)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 9 (77)	2. V. 3 (90)	2. V. 16 (50)	2. V. 166 (84)	2. V. 266 (18)	2. V. 78 (40)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 7 (84)	2. V. 11 (85)	2. V. 12 (74)	2. V. 187 (94)	2. V. 320 (15)	2. V. 81 (11)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 7 (65)	2. V. 3 (110)	2. V. 18 (71)	2. V. 252 (83)	2. V. 330 (10)	2. V. 77 (22)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 9 (73)	2. V. 4 (118)	2. V. 20 (52)	2. V. 218 (61)	2. V. 223 (20)	2. V. 87 (19)
1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar	1. V. unzählbar
2. V. 2 (82)	2. V. 13 (89)	2. V. 14 (54)	2. V. 299 (62)	2. V. 193 (14)	2. V. 88 (3)

Die Plattenzählungen der 2. Verdünnungen wurden bei Fluorescensproben am 3. Tage nach dem Ausgiessen der Platten, bei Pyocyaneusproben am 5. Tage vorgenommen; der Grund dieses Unterschiedes bei Fluorescens- und Pyocyaneusproben ist der, dass bei Zimmertemperatur die Fluorescensplatten am 4. Tage oft wegen weit vorgeschrittener Verflüssigung nicht mehr gut zählbar waren, die Pyocyaneuscolonien dagegen auf den Pyocyaneusplatten am 3. und 4. Tage meist noch nicht genügend entwickelt waren. Dasselbe gilt von dem vorigen Versuche.

Beiträge zur Frage der specifischen Wirkung der Immunsera.

Von

Oberarzt Dr. **Conrad Mann,**
commandirt zum hygienischen Institute in Würzburg.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

I. Ueber das Verhalten 12 verschiedener Bacterien-Species gegen ein hochwirksames menschliches Typhus-Serum.

In Folgendem erlaube ich mir, über eine Reihe von Beobachtungen zu referiren, die ich aus Anlass von Serum-Untersuchungen gewonnen habe, die ich für die medizinische Poliklinik in Würzburg ausführte. Auch suchte ich auf experimentellem Wege durch eine Serie von Thierversuchen die gefundenen Beobachtungen zu stützen und zum Theil weiter auszubauen.

Unter dem Kranken-Material der medizinischen Poliklinik fand ich am 15. II. 98 ein äusserst aktives Typhus-Serum, welches in der Verdünnung von 1 : 3000 noch deutlich . Fällung der Typhusbacterien ergab. Die Grenze des Agglutinations-Vermögens war 1 : 4000.

Das Serum stammte von einem 8jährigen, schwer typhös erkrankten Mädchen (Wegner) und zeigte bei dreimaliger Blutentnahme innerhalb eines Zeitraumes von 10 Tagen jedesmal denselben hohen Titer. Das Mädchen ist vollständig genesen.

Ausser mit diesem Kinderserum habe ich zur Controle mit meinem eigenen Serum Versuche angestellt; dass der dabei gefun-

Digitized by Google

dene ziemlich hohe Agglutinations-Werth vielleicht auf eine überstandene Abortivform des Typhus zurückzuführen ist, erscheint möglich, da ich vor Jahren einer grösseren Typhusstation auf 6 Monate zugetheilt war, wo ich gleich im Anfang meiner Thätigkeit ein mehrtägiges fieberhaftes Unwohlsein mit starken Magendarmbeschwerden acquirirt hatte.

Bei der hohen Wirksamkeit des Kinderserums lag der Gedanke nahe, dasselbe zur Prüfung zu benützen auf den specifischen Charakter der Agglutination.

Aufgeschwemmt wurden in Bouillon Vibrio cholerae, Bac. subtilis, Bac. vulgatus, Löffler's Bact. typhi murium, Bact. Zopfii, Bact. pyocyaneum, Bact. prodigiosum, Bact. vulgare und ein Bact. coli aus unserer Instituts-Sammlung.

Insbesondere erhielt ich aber interessante Resultate eines Bact. coli, das ich aus dem pleuritischen Exsudat eines Typhuskranken Götz isolirt hatte.

Die aus dem Pleura exsudat gegossenen Gelatine- und Agarplatten ergaben sämmtlich Reinculturen dieses Organismus. Es waren zumeist Kurzstäbchen mit abgerundeten Polen; nach Gram nicht färbbar; zweifellose Eigenbewegung; Indol- und Schwefelwasserstoffbildung; Milch-Coagulation, kräftige Vergärung der Dextrose und Lactose, 7,5 proc. Säurebildung in Lackmusmolke, gelbbraune, saftig glänzende Kartoffelculturen.

Die Versuchsanordnung war stets die gleiche. Die Mischung von je 1 Tröpfchen Serumlösung und Bacterienculturaufschwemmung wurde im hängenden Tropfen bei Zimmertemperatur nach 30 Min. resp. 1 Stunde mikroskopisch betrachtet und dann nochmals nach 12 Stunden. Zur Verdünnung des Serums und zur Aufschwemmung der 18—24 Stunden alten Agarculturen wurde Bouillon verwendet. Auch 24 Stunden alte Bouilloncultureu wurden zum Vergleich verarbeitet.

Bacterienmasse wurde jedesmal 1 Oese = 2 mg in 1 ccm Bouillon verrieben.

Makroskopisch wurde nicht geprüft. Zur Herstellung der Serum-Verdünnungen benützte ich genau geaichte Pipetten, die vor jedem Gebrauch mit conc. Schwefelsäure behandelt, mit

Digitized by Google

Wasser energisch nachgespült und mit Aether und Alkohol getrocknet und im Trockenschrank sterilisirt wurden.

Die Resultate der Beobachtungen zeigen die Tabellen I, II und III auf S. 182 u. 183.

Aus Tabelle I ist ersichtlich, dass sämmtliche Bacterienarten bei einer Verdünnung von 1 : 40 von dem Typhusserum in der Weise beeinflusst wurden, dass sie sich immobilisirten und zumeist auch agglutinirten.

Da Bac. vulgatus nur gelähmt wurde, scheint die Verklebung den zweiten und höheren Grad der Serum-Wirkung darzustellen. Denn die auffallendste Erscheinung war immer zuerst die Lähmung, dann folgte die Zusammenballung.

Bact. coli Stamm Götz, das, wie oben auseinandergesetzt, aus dem pleuritischen Exsudat eines typhös Erkrankten isolirt war, erreicht laut Tabelle eine Höhe der Reaction (1 : 1000), wie sie sonst nur bei ächtem Typhus beobachtet wurde.

Man darf also selbst in dem Falle, dass bei einer hohen Serum-Verdünnung noch eine positive Reaction erfolgt, nicht ohne weiteres eine specielle Diagnose stellen.

Es liegt sehr nahe, anzunehmen, dass das Bact. coli Stamm Götz, das doch alle wesentlichen Merkmale eines coli aufweist, durch das Wachsthum in den sicherlich Typhus-Agglutinine-haltigen serösen Ausschwitzungen der Pleura des Typhuskranken Veränderungen eingegangen ist, die es in seinem Verhalten gegen Typhusserum dem Bact. typhi ähnlich machen. Doch wird immer daran zu denken sein, dass auch aus anderen uns noch unbekannten Gründen einmal ein Coli-Stamm auffallend stark von einem Typhusserum beeinflusst werden kann.

Leider war es mir nicht möglich, das Pleura-Exsudat Götz auf seine Reaction gegen Bact. typhi und coli zu prüfen, da es zu Verlust ging und keine zweite Punktion vorgenommen wurde.

Tabelle I zeigt ferner, dass Bact. coli Stamm Institut bei Verdünnungen von 1 : 40 stets Lähmungserscheinungen zeigte und Bildung kleinerer und grösserer Häufchen. Eine Beeinflussung auch dieses Organismus durch das Serum kann somit nicht geleugnet werden.

Digitized by Google

Tabelle I. **Reactionen von 12 Bacterien-Arten gegen das Typhus-Serum Wegner.**

Versuchstag	Agar- resp. Bouillon-cultur	Serum-verdünnung	Vibrio cholerae		B. subtilis		B. vulgatus		Bact. coli Stamm Institut		Bact. coli Stamm Götz		Bact. fluoresc.		Bact. prodig.		Bact. pyocyan.		Bact. typhi		Bact. typhi murium		Bact. vulgare		Bact. Zopfii	
			nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach	
			30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h
1898 20.III.	Agar-cultur	1 : 40	+ P	+ A	+ P	+ A	P	P	+	(A)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
28.III.	»	»	+	+	+	+	P	P	+	(A)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25.III.	»	»	+	+	+	+	P	P	+	(A)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
»	»	»	+	+	+	+	P	P	+	(A)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
»	»	1 : 100	P	P	—	A	—	—	P	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
											+	+							+	+						
»	»	1 : 500	—	—	—	—	—	—	—	—	1 : 1000		+	+	+	+	+	+	1 : 4000		+	+	+	+	+	+
											+	+							+	+						
29.III.	Bouillon-cultur	1 : 40	P	P	P	+	P	P	+	(A)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25.III.	Agar-cultur	Control-versuch	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	—	—	+	+	+	+	+	+
29.III.	Bouillon-cultur	ohne Serum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	—	—	+	+	+	+	+	+

Tabelle II. **Controlversuche mit eigenem Serum.**

Versuchstag	Agarcultur	Serum-verdünnung	Vibrio cholerae		B. subtilis		B. vulgatus		Bact. coli Stamm Institut		Bact. coli Stamm Götz		Bact. fluoresc.		Bact. prodig.		Bact. pyocyan.		Bact. typhi		Bact. typhi murium		Bact. vulgare		Bact. Zopfii	
			nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach		nach	
			1h	12h	1h	12h	1h	12h	1h	12h	1h	12h	1h	12h	1h	12h	1h	12h	1h	12h	1h	12h	1h	12h	1h	12h
24. V.	Agarcult.	1 : 40	—	—	—	—	—	—	+	(A)	+	(A)	+	+	+	+	+	+	+	+	(A)	(A)	+	+	—	+
25. V.	»	1 : 40	—	—	—	—	—	—	+	(A)	+	(A)	+	+	+	+	+	+	+	+	(A)	(A)	+	+	—	+

Digitized by Google

Tabelle III. Controlversuche ohne Serum.

Versuchstag	Agarcultur	Ohne Serumzusatz	Vibrio cholerae nach 1h	Vibrio cholerae nach 12h	B. subtilis nach 1h	B. subtilis nach 12h	B. vulgatus nach 1h	B. vulgatus nach 12h	Bact. coli Stamm Institut nach 1h	Bact. coli Stamm Institut nach 12h	Bact. coli Stamm Gotz nach 1h	Bact. coli Stamm Gotz nach 12h	Bact. fluoresc. nach 1h	Bact. fluoresc. nach 12h	Bact. prodig. nach 1h	Bact. prodig. nach 12h	Bact. pyocyan. nach 1h	Bact. pyocyan. nach 12h	Bact. typhi nach 1h	Bact. typhi nach 12h	Bact. typhi murium nach 1h	Bact. typhi murium nach 12h	Bact. vulgare nach 1h	Bact. vulgare nach 12h	Bact. Zopfii nach 1h	Bact. Zopfii nach 12h
24. V.	In Bouillon aufgeschwemmt	Ohne Serumzusatz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+(+)	+	+(+)	+	+(+)	—	—	(+)	(+)	+	+	—	+
25. V.			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+(+)	+	+(+)	+	+(+)	—	—	(+)	(+)	+	+	—	+

Abkürzungen: A = Agglutination; P = Paralyse; + = positive Reaction i. e. A + P; +++ = sehr starke oder blitzartig eintretende positive Reaction; + = undeutliche, schwache, aber noch positive Reaction; (+) = unsichere Reaction; (A) = kleinere uncharakteristische Verklebungen; — = negative Reaction.

V. cholerae dagegen liess nur ganz minimale Aggregate erkennen, die den Schluss auf eine positive Reaction nicht gestatten, ebenso lässt Bac. subtilis sowohl im Serum- als im Controlpräparat Bacterienbüschel erkennen, die wohl als eine Eigenthümlichkeit dieser Art gedeutet werden müssen, nicht aber als der Ausdruck einer positiven Serum-Reaction.

Bact. fluorescens, prodig., pyocyan., vulgare und Zopfii waren wegen ihrer natürlichen Verklebung zum Versuche nicht geeignet; sowohl mit als ohne Typhusserum erfolgte Sedimentirung.

Bei Bact. typhi murium kann ich nicht mit voller Bestimmtheit ein Ausbleiben einer +-Reaction behaupten; denn auch Bact. typhi murium gab, wie bei seiner nahen Verwandtschaft mit Bact. typhi u. coli von vornherein vermuthet werden durfte, bei einer Verdünnung von 1 : 40 ziemlich charakteristische Häufchen bei Zusatz des Typhusserums.

Einen auffallenden Unterschied in der Prägnanz der Reaction zwischen einer 24 Stunden alten Bouilloncultur und der Aufschwemmung einer 24 Stunden alten Agarcultur beobachtete auch ich. Die Reaction war bei

Digitized by Google

Verwendung von Bouilloncultureu zumeist verlangsamt und undeutlicher.

Tabelle II Controlversuche mit eigenem Serum bestätigt die Beobachtungen in Tabelle I.

Bact. coli Stamm Institut und Bact. coli Stamm Götz und vielleicht auch Bact. typhi murium reagiren zweifellos ähnlich wie Bact. typhi und erscheinen in diesem Lichte als artverwandt. Weiters folgt aus beiden Tabellen noch, dass starkes Typhusserum auf die Coli-Arten wirksamer ist als mein Serum, das eine schwache Typhus-Reaction auslöst.

Bact. fluoresc., prodig., pyocyan., vulgare und Zopfii unseres Instituts sedimentirten und documentirten wiederum ihre Unbrauchbarkeit zu Serumversuchen; Bac. subtilis bildete Bacterienbüschel.

Tabelle III Controlversuche ohne Serum, d. h. einfache Bouillon-Aufschwemmungen der Agarculturen ergaben das erwartete Resultat. Specifische Wirkungen auf Bact. typhi, coli Götz und coli Institut fehlten absolut, dagegen sedimentirten Bact. fluoresc., prodig., pyocyan., typhi murium, vulgare und Zopfii.

Aus den Versuchen in Tabelle I und II und aus den späteren noch zu besprechenden Serumversuchen möchte ich noch ein weiteres Postulat einer »positiven« Serum-Reaction ableiten für die Bacterien-Arten, von denen man durch Controle wie bei Bact. typhi und V. cholerae constatirt hat, dass sie natürlicherweise nicht sedimentiren.

Diese Forderung ist, dass die Agglutination mindestens 12 Stunden persistirt; dann können wir sicher sein, dass wir eine vollkommen positive Reaction vor uns haben.

2. Ueber den Verbrauch der Agglutinine.

Ein Typhusserumpräparat (hängender Tropfen) vom 25. 6. 98 Verdünnung 1 : 40, zeigte am 2. 7. 98, also nach 8 Tagen, noch zahlreiche und ausgedehnte Verklebungen neben zahlreichen gutbeweglichen Einzelindividuen, die die ganze Fläche des

Digitized by Google

Tropfens bis zum Rande erfüllten. Es war hier wie bei sämmtlichen + Präparaten eine deutliche **Wachsthumshemmung** der Bacterien zu beobachten. Nach Zugabe eines unverdünnten Serumtropfens von einem am 6. 6. 88 geschlachteten Typhuskaninchen trat sofort neue Fällung ein.

Ein zweiter hängender Tropfen Serum, Verdünnung 1 : 80, zeigte nach 7 Tagen am 26. 6. 98 noch einige grössere alte Fällungen neben sehr zahlreichen gut mobilen Organismen. Nach Zusetzen eines 1 : 50 verdünnten Serumtropfens von einem Typhuskaninchen sah ich neuerdings Lähmung und Fällung der noch beweglichen Bacterien.

Dieselben Verhältnisse zeigte ein Präparat vom 24. 6. 98; nach 8 Tagen ebenfalls wiederum Immobilisation und Agglutination.

Das Agglutinin resp. Paralysin kann also von den Bacterien vollständig consumirt werden; die dann noch nicht afficirten Individuen vegetiren ungeschädigt weiter und sind den Angriffen später wiederum zugesetzten specifischen Serums zugänglich.

3. Ueber die Fähigkeit agglutinirter Bacterien, im Zustande der Verklebung sich zu vermehren.

Ein Typhuserumpräparat vom 5. 7. 98 (hängender Tropfen) zeigte nach 2 Tagen noch allgemeine Fällung und Paralyse; doch sah man jetzt statt der dicht verklebten Bacterienballen durch Zwischenräume in sich luftiger erscheinende gestreckte Verbände, dachsparrenartig vereinigt, scheinbar wuchernd und nur ganz vereinzelte eigenbewegliche Individuen.

Nach einem weiteren Tage waren trotz vollständiger Paralyse Sprossungen von Bacterienfäden an den peripheren Partien der Agglutinationen deutlich zu erkennen; die Verklebungen blieben aber Verklebungen.

Agglutination schliesst somit Wachsthum nicht aus; denn die immobilisirten und agglutinirten Bacterienhaufen liessen peripher Fäden aussprossen und streckten sich in toto.

4. Thierversuche mit Vibrio cholerae, Bact. typhi und Bact. coli Stamm Götz.

Im Anschluss an vorgesammelte Beobachtungen suchte ich durch Thierversuche auf gleiche Erscheinungen zu kommen. Zu diesem Zweck immunisirte ich Kaninchen nach der Pfeiffer-schen Methode.

Je ein Kaninchen von ca. $1^1/_2$ bis 2 kg Gewicht wurde mit V. cholerae, Bact. typhi und Bact. coli Stamm Götz behandelt und zwar wurden jedem Thier subcutan injicirt die eine Stunde lang bei 65° C. im Wasserbad gehaltene 24 Stunden alte Bacterien-cultursubstanz von je 3 schräg erstarrten Agarröhrchen in 3 bis 5 ccm Bouillon aufgeschwemmt.

Das Cholerathier wurde 6 Tage, das Colithier 9 Tage, das Typhusthier 10 Tage nach der Injection getötet. Sämmtliche Versuchsthiere reagirten nach der Einspritzung mit Temperatur-erhöhung; nach Verlauf eines Tages Maximum abends bei Cholera 40,2, bei Typhus 40,6, bei Coli 40,5. Nach 4 Tagen Sinken der Temperatur auf 38,8.

Der Grenzwerth des Agglutinationsvermögens betrug beim Cholerakaninchen 1 : 160, beim Typhuskaninchen 1 : 120, beim Colithier 1 : 50. Das Blut wurde in Aether-Narkose mittels Kanüle aus der Carotis entnommen, im Mischcylinder aufgefangen und in Reagensgläsern centrifugirt, das Serum in sterile Fläsch-chen abgegossen und unter Thymolzusatz im Eisschrank auf-bewahrt.

Das Serum prüfte ich auf seine Reaction gegen Bact. coli Stamm Institut, coli Stamm Götz, typhi, Bac. faecalis alcaligenes und V. cholerae.

Tabelle A auf S. 187 bringt die Resultate.

Aus Tabelle A erhellt, dass das Typhusserum nach 30 Min. auf Bact. coli Stamm Götz und coli Stamm Institut agglutinirend einwirkte, nach 12 Stunden prägnanter auf coli Stamm Institut als auf coli Götz; jedoch wurden bei diesen Bacterien höhere Agglutinationswerthe nicht erreicht; bei Bact. typhi trat die Reaction noch bei Verdünnung von 1 : 120 ein; Cholera und Bac. faecalis alcaligenes wurden nicht beeinflusst.

Digitized by Google

Tabelle A.

Serum-Verdünnung 1:50		Bact. coli Stamm Institut		Bact. coli Stamm Götz		Bact. typhi		Vibrio cholerae		B. faecalis alcaligenes	
Beobachtung nach		30'	12h	30'	12h	30'	12h	30'	12h	30'	12h
Coli Götz	Serum	—	—	++	+(+)	—	—	—	—	—	—
Typhus	Serum	+	++	+	(+)	++	+(+)	—	—	—	—
Cholera	Serum	∓	+	∓	+	∓	+	+++	++	∓	+
Controle ohne Serum		—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Das Coli Götz Serum zeigte sich wenig wirksam, sogar gegen seine eigene Species; es agglutinirte gerade noch bei Verdünnung von 1 : 50 das Bact. coli Stamm Götz, die anderen Bacterien reagirten in keiner Weise.

Am kräftigsten schien der V. cholerae immunisirt zu haben; theilweise Agglutination trat bei sämmtlichen Bacterien ein, vollständig positiv jedoch war die Reaction nur bei V. cholerae, bei den anderen Arten blieben zahlreiche Individuen zwischen den wolkigen Fällungen in schönster Eigenbewegung; der höchste Agglutinationswerth gegenüber V. cholerae war 160.

Bact. coli Götz scheint sich somit zur Immunisirung überhaupt wenig zu eignen, am besten dagegen Bact. typhi gegen die Bacterien seiner Gruppe; am wenigsten specifisch wirkte V. cholerae, der mit theilweiser Agglutination sämmtliche Bacterien beeinflusste, mit allgemeiner jedoch nur seine eigene Species.

Eine Analogie zwischen dem eingangs geprüften, menschlichen Typhus-Serum und dem Kaninchentyphus-Serum lässt sich bei Vergleich der einschlägigen Tabellen nicht verkennen; jedoch muss hervorgehoben werden, dass das Kaninchentyphus-Serum das Bact. coli Stamm Institut sogar stärker beeinflusste, als das Bact. coli Stamm Götz, das ich aus dem Pleura-Exsudat des Thyphuskranken isolirt hatte. Diese Erscheinung muss vor allzu weitgehenden Speculationen warnen. Jedoch ist andrerseits diese kleine Differenz der beiden Coli-Stämme überhaupt schwer discutirbar, da das Typhus-Serum Wegner noch bei Verdünnungen von 1 : 4000 Reactionen auslöste, während das Typhus-

Kaninchen-Serum nur einen Höchst-Werth der Agglutination von 1 : 120 aufweist.

Bemerkenswerth ist vielleicht ein zufällig gemachter Befund, welcher zugleich einigen Aufschluss über das Auftreten der Agglutinine im Blute immunisirter Kaninchen giebt. Ein Kaninchen, das ich ebenfalls mit Bact. typhi subcutan injicirt hatte, verendete nach $1\frac{1}{2}$ Tagen an unbekannter Ursache, nachdem es entschieden gefiebert hatte (40,2). Die Serum-Reactionen ergaben sämmtlich negative Resultate gegen Bact. coli Stamm Institut, coli Götz und typhi. Die specifische Reaction des Serums gegen Bact. typhi war also trotz des Fiebers noch nicht eingetreten; die Reaction erscheint also nicht als das Zeichen der stattgefundenen Intoxication, sondern als der Ausdruck der sich entwickelnden specifischen Immunität.

5. Wie verhält sich das Serum eines Thieres, das man hintereinander gegen zwei verschiedene Infectionserreger immunisirt hat?

Am 18. 6. injicirte ich einem Kaninchen 4 ccm einer bei 65° abgetödteten Typhus-Bouillonaufschwemmung. Am 25. 6., also 8 Tage nach der Injection, erfolgte die Blutabnahme. Der Titer war 1 : 120.

Nachdem in Aethernarkose aus der carotis ca. 70 cbcm Blut durch die Canüle gegangen waren, stand die Blutung von selbst. Dies veranlasste mich, die Carotis zu unterbinden und die Hautdecken durch Knopfnaht zu schliessen. Das Kaninchen erholte sich wieder ganz gut und am 8. 7., also 20 Tage nach der Typhusinjection, gab ich eine subcutane Injection mit abgetödtetem V. cholerae, nachdem ich mich am selben Tage durch Blutabnahme aus dem Ohre des Thieres überzeugt hatte, dass das Serum noch kräftig specifisch gegen Bact. typhi reagirte.

Das Thier fieberte (40,2° C.) von neuem, nachdem es von der Typhusinvasion her entfiebert war.

Am 14. 7., (also 6 Tage nach der Cholera-Injection und 26 Tage nach der Typhusinjection) nahm ich durch Tödten des Thieres von neuem Blut aus der noch unverletzten Carotis (ca. 60 ccm).

Digitized by Google

Bei der Section des Thieres erhielt ich aus der Blase mittels sterilen Gefässes einen blutig gefärbten Urin. Bei Besichtigung der Eingeweide erschien die Darmschleimhaut lebhaft injicirt und stärker turgescirt; insbesondere fielen die Darmfollikel durch ihre erhebliche Schwellung auf; sie stellten sich als kleine hirsekorngrosse Prominenzen dar; ebenso erschienen die Mesenterialdrüsen im Zustande der Infiltration.

Der aus der Blase entnommene Harn zeigte unter dem Mikroskop neben hyalinen massenhaft epitheliale Cylinder, Blutzellen und freie Epithelien der Niere. Die Niere selbst bot das Bild einer Nephritis parenchymatosa acuta (stellenweise trübe Schwellung und Verfettung der Epithelien der Harnkanälchen, deren Lumina mit desquamirten Zellen und Cylindern angefüllt waren. Die Glomeruli waren frei von Veränderungen).

Die Resultate der Serum-Reactionen verzeichnen Tabelle B und C.

Das Serum, das nach der Typhusimmunisirung gewonnen war, reagirte nach 30 Min. deutlich gegen Bact. typhi, coli Stamm Institut und coli Götz, nicht aber gegen Cholera und Bac. faecalis alcaligenes.

Tabelle B.

Kaninchen-Typhusserum (Titer 1 : 120).

Beobachtung nach	Bact. typhi		Bact. coli Stamm Götz		Bact. coli Stamm Instit.		Vibrio cholerae		B faecalis alcaligenes	
	30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h	30′	12h
S.-V. 1 : 40	++	++	+	±	+	(±)	−	(±)	−	− Sedimentirung
» 1 : 100	++	+	±	+	− kleinste Häufchen	−	−	−	−	− do.
» 1 : 150	− (∓) nach 2h	(±)	±	+	−	−	−	−	−	− do.
» 1 : 200	−	(+)	−	+	−	−	−	−	−	− do.
Controle ohne Serum	−		−	− Sedimentirung	−	−	−	−	−	− do.

Tabelle C.

Typhus-Kaninchen-Choleraserum.

Beobachtung nach	Cholera		Typhus		Coli Stamm Institut		Coli Stamm Götz		B. faecalis alcaligenes	
	30′	1h	30′	1h	30′	1h	30′	1h	30′	1h
Serum-Verdg										
1 : 20	++	++	++	++	−	−	+	++	−	−
1 : 40	++	++	++	++		−	+	++	−	−
1 : 50	++	++	++	++	−	−	+	++	−	−
1 : 100	+	++	++	++	−	−	−	+	−	−
1 : 150	+	+	++	++	−	−	−	−	−	−
1 : 200	−	+	++	++	−	−	−	−	−	−
1 : 300	−		+	+	−	−	−	−	−	−
1 : 400	−	−	±	+	−	−	−	−	−	−
Controle ohne Serum	−		−	−		−	−	−	−	−

Die Coli-Fällung war nach 12 Stunden bereits undeutlich, bei Typhus dagegen noch sehr charakteristisch. Die Fällung des Bact. typhi war eine wolkenartige und augenblickliche.

Das Serum nach der Cholera-Immunisirung reagirt, sowohl gegen Cholera als Typhus und coli Götz in prägnanter Weise. Am meisten afficirt wird Bact. typhi bis zu einer Serum-Verdünnung von 1 : 300 resp. 1 : 400; Cholera noch bei Verdünnung von 1 : 150; Coli Götz bei 1 : 50; Coli Stamm Institut und Bac. faecalis alcaligenes blieben unbeeinflusst.

Der Agglutinationswerth des Serums hat sich gegen Typhus seit der Cholera- (2.) Injection, welche 20 Tage nach der (1.) Typhuseinspritzung erfolgte, bedeutend erhöht; er war von 120 auf 300 gestiegen; auch der Cholera-Werth ist ein hoher; der Coli-Werth dagegen gering.

Es hat somit den Anschein, als ob durch die 2. (Cholera-) Injection ein Steigen des Typhus-Maximal-Werthes weit über die gewöhnliche Maximalzahl erzielt worden sei.

Dasselbe Serum zeigt ferner gleichzeitige intensive, vollständig positive Reactionsfähigkeit gegen Typhus **und** Cholera, was von Bedeutung sein kann für die Diagnose.

Digitized by Google

Setzt man z. B. an Stelle des Kaninchens den Menschen, so würde man bei Prüfung auf Cholera sicher den Typhus übersehen haben und umgekehrt.

Ob in unserem Falle im Blute des Kaninchens 2 in ihrer Art differente Agglutinine resp. Paralysine kreisten, da sowohl bei v. cholerae als bei bact. typhi die Fällung und Lähmung eine blitzartige und allgemeine war, möchte ich hier nicht entscheiden.

Der blutige Kaninchenharn zeigte ebenfalls deutliche specifische Reaction.

1 Tröpfchen dieses Urines mit 1 Tröpfchen Cholera-Bouillonaufschwemmung liess im hängenden Tropfen sofort Lähmung und charakteristische Verklebung mit Körnung der agglutinirten Vibrionen erkennen, gegen Typhus war nach 30 Min. nur ganz geringe, bewegungshemmende Einwirkung zu constatiren und ganz minimale Neigung zur Verklebung.

Der Kaninchenharn reagirt also in ähnlicher Weise gegen Cholera wie das Serum, bleibt dagegen indifferent gegen Typhus. Mehrere Präparate vom 14. 7. und 16. 7. zeigten stets dasselbe Verhalten.

Diese Erscheinung, dass der blutige Harn eines Thieres, dessen Serum gegen Cholera und Typhus prompt reagirt, diese Doppelwirkung nicht zeigt, wird leicht verständlich, sobald man 2 differente Agglutinine annimmt, von denen das Typhus-Agglutinin durch den ebenbesprochenen Urin selbst vielleicht zerstört resp. unwirksam wird, während das Cholera-Agglutinin harnfest erscheint.

Zum Schluss erfülle ich die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Chef, Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann für die liebenswürdige Unterstützung bei Ausführung dieser Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Ueber die Beziehung des Bacillus implexus Zimmermann zum Bacillus subtilis Cohn.

Ein Beitrag zur Lehre von der Variabilität der Spaltpilze.

Von

Franz Zierler,

Zahnarzt in Würzburg.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

In dem Lehrbuch der speciellen bacteriologischen Diagnostik von Lehmann und Neumann geben diese Autoren S. 294 an, dass sie auf Grund eingehender Untersuchungen Bac. implexus Zimmermann nur durch seine Unbeweglichkeit von Bac. subtilis unterscheiden konnten.

Es war dies eine Beobachtung, die das lebhafte Interesse dieser Autoren erregte, legte sie doch die Annahme nahe, dass durch dieselbe die Existenz einer beweglichen und einer unbeweglichen Subtilisform bewiesen sei.

Herr Prof. Dr. Lehmann beauftragte ungefähr ein Jahr nach den obigen Untersuchungen Herrn Dr. Böttcher unter Anwendung aller üblichen Nährböden diese Frage zum Gegenstand eingehender Untersuchungen zu machen. Herr Dr. Böttcher[1]) kam zu dem Resultat, dass zur Zeit der von ihm gemachten

1) Erich Böttcher, Studien über Bacillus implexus und mycoides mit besonderer Berücksichtigung ihrer Beweglichkeit. Dissertation. Würzburg, 1897.

Digitized by Google

Untersuchungen und Beobachtungen Bac. implexus — der Stammcultur des Institutes entnommen, welche ihrerseits einer Originalcultur von Zimmermann entstammte — zeitweilige Beweglichkeit zeigte. Nur auf Kartoffelculturen blieb auch Dr. Böttcher der Bac. implexus stets unbeweglich.

Um diese Untersuchungen zu verificiren, ersuchte mich Herr Prof. Lehmann eine abermalige genaue vergleichende Untersuchung der beiden Arten mit besonderer Berücksichtigung der Beweglichkeit vorzunehmen.

Als Ausgangsculturen dienten mir die unter den üblichen Cautelen fortgezüchteten Reinculturen, welche Lehmann und Neumann bei der Abfassung ihres Atlas benutzt hatten. Alle Beobachtungen, über welche ich in Folgendem berichte, sind drei- bis mehrmals übereinstimmend angestellt worden.

Ich darf gleich vorausschicken, dass meine Beobachtungen über Bac. subtilis in allen wesentlichen Details mit denen von Lehmann und Neumann übereinstimmen. Bac. implexus fand ich in meinen Untersuchungen, wenn ich von der Beweglichkeit vorläufig ganz absehe, in einigen untergeordneten Punkten von Bac. subtilis culturell verschieden. Zu meiner Befriedigung konnte ich aber bei nachträglichem Vergleich der mir freundlichst zur Einsicht überlassenen Originalprotokolle der Untersuchungen von Lehmann und Neumann (1895) feststellen, dass die meisten der kleinen Unterschiede auch schon bei der Abfassung ihres Buches, d. i. vor fast 3 Jahren, beobachtet wurden. Es unterliegt also gar keinem Zweifel, dass mein Bac. implexus ohne Verunreinigung aus dem ursprünglichen Stamm hervorgegangen ist. Auf diesen Punkt muss ich den allergrössten Werth legen.

Was Bac. subtilis betrifft, kann ich der Kürze wegen auf den Atlas von Lehmann und Neumann verweisen und werde nur abweichende Beobachtungen anführen. Ebenso werde ich bei Bac. implexus nur diejenigen Befunde registriren, in denen derselbe sich nach meinen Beobachtungen vom Bac. subtilis verschieden erwies oder mit den bisherigen Beschreibungen nicht mehr vollkommen übereinstimmte.

Digitized by Google

Die Punkte, in denen Bac. implexus von Bac. subtilis von mir verschieden gefunden wurde, sind folgende:

Mikroskopisch fand ich Bac. implexus von Bac. subtilis ziemlich verschieden. Während Bac. subtilis auf Gelatine und Agar Stäbchen mittlerer Länge bildet, die an den Enden schön abgerundet und in der Mitte häufig etwas verdickt erscheinen, ist Bac. implexus nach meinen regelmässig gleichbleibenden Befunden wesentlich grösser, stets gleichmässig dick und zeigte niemals weder die stark abgerundeten Enden noch die erwähnten Verdickungen wie Bac. subtilis. Der ganze Habitus des von mir untersuchten Bac. implexus, dessen Cultur im hiesigen Institut wie schon erwähnt direct einer von Zimmermann bezogenen Originalcultur entnommen ist, ist in seinem mikroskopischen Aussehen dem Zimmermann'schen Photogramm (cf. O. E. R. Zimmermann, Bacterien unserer Trink- und Nutzwässer) vollständig conform geblieben.

Einige, jedoch kaum als wesentlich zu bezeichnende Differenzen zeigten Culturen der in Frage stehenden Organismen auf Agarplatten bei ca. $^{50}/_{1}$ Vergrösserung, welche ich am übersichtlichsten wie folgt nebeneinander stelle.

B. subtilis.	B. implexus.
Nach 1 × 24 Stunden:	
Räschen compact, unregelmässig rundlich, Fädchen am Rande kurz, umgebogen und leicht verfilzt.	Räschen unregelmässig, Fäden lang, weit radiär in die Umgebung ohne Biegungen ausstrahlend.
Oberflächen- und Tiefenwachsthum gleich.	
B. subtilis.	B. implexus.
Nach 2 × 24 Stunden:	
Tiefliegende Colonien gleichmässig dicht, scharf abgegrenzt mit mehr oder weniger zerrissenem Rand.	Tiefliegende Colonien unregelmässig geformt, mit langen Fäden und einzelnen Fadenbündeln in die Umgebung ausstrahlend.

Digitized by Google

B. subtilis.	B. implexus.
Nach 3 × 24 Stunden:	
Aufliegende Räschen fein granulirt, um einen dichteren Kern nach dem Rande zu durchscheinender und ohne scharfe Begrenzung. Einzelne moosartig abzweigende Effloreszenzen mit kurzen Fädchen besetzt.	Aufliegende Räschen bilden kleine Fadengeflechte ohne dichteren Kern mit sehr langen gestreckten Ausläufern.

Kartoffelculturen von Bac. subtilis und Bac. implexus verhalten sich insoferne different, als ersterer einen weisslichen bis grauweissen, matt bleibenden Belag bildet, während der Belag von Bac. implexus nach 3 × 24 Stunden gelbbräunlich und matt glänzend zu werden beginnt.

Althaea-Decoct erwies sich als ein wenig günstiger Nährboden, indem auf demselben nur relativ schwaches Wachsthum beider Organismen zu erzielen war. Noch nach 24 Stunden in einer Temperatur von 16 bis 20° C. war keine sichtbare Veränderung dieses Nährbodens zu constatiren. In einer Temperatur von 35° begann nach weiteren 24 Stunden eine schwache Trübung sich einzustellen. Bac. subtilis zeigt am dritten Tage schon die charakterische Kahmhaut, während sich dieselbe bei Implexusculturen viel schwächer und wesentlich später, erst nach 1 bis 2 Wochen entwickelt. Eine eigentümliche Erscheinung, die mich zu mehreren Controlversuchen mit constantem Ergebnis anregte, ist die nach 3 bis 4 Tagen erfolgende Gelbfärbung des Althaeaschleimes durch Bac. subtilis. Diese Färbung beginnt unter der Kahmhaut und schreitet im Verlauf einiger Tage nach unten fort. Implexusculturen auf Althaeaschleim zeigten diese Färbung niemals.

Auch Bouillonculturen der beiden Arten erwiesen sich mir insoferne different, als die Häutchenbildung bei Bac. implexus stets schwächer blieb und wesentlich später eintrat als bei Bac. subtilis, was mit Lehmann und Neumann's Protokoll stimmt.

Saure Nährböden (versucht wurden saurer Agar und saures Pflaumendecoct) zeigten kein Wachsthum.

Milch wurde von beiden Organismen in gleicher Weise coagulirt.

Obgleich ich der Beobachtung wenig Werth beilege, möchte ich nicht unerwähnt lassen, dass meine Gelatineculturen eine wesentlich raschere Verflüssigung zeigten als Lehmann und Neumann, Zimmermann und Böttcher bei Bac. subtilis und bei Bac. implexus beobachtet haben. Es erwuchsen mir hieraus grosse Schwierigkeiten bei der Beobachtung von Gelatineculturen in schwacher Vergrösserung. Nur zweimal gelang es mir ca. 12 Stunden nach der Abimpfung Culturen auf der Platte bei 50facher Vergrösserung genauer zu beobachten, welche dann allerdings der Beschreibung von Lehmann und Neumann vollständig entsprachen. Auch bei Gelatine-Stichculturen trat sehr rasch trichterförmige oder strumpfförmige, niemals aber die cylindrisch fortschreitende Verflüssigung ein, die Lehmann und Neumann beschrieben und abgebildet haben.

Als auffallendstes Ergebnis meiner Untersuchungen stellte sich nun die constante Beweglichkeit des Bac. implexus heraus. Ich untersuchte Culturen desselben von allen Nährböden und jeden Alters; stets fand ich den Organismus beweglich, am lebhaftesten in Bouillonculturen.

Ich konnte nun allerdings constatiren, dass die Beweglichkeit des Bac. implexus unter gewöhnlichen Verhältnissen nur wenige Minuten anhielt. Ich umgab das auf einen Objektträger mit möglichst grosser Cavität gelegte Deckgläschen mit feuchter Watte und es gelang mir auf diese Weise die Beweglichkeit bis zur Dauer von fast einer halben Stunde nahezu unvermindert zu erhalten. Eine längere Dauer der Beweglichkeit als ca. 35 Minuten konnte ich in keinem Falle erzielen.

Es ist nach den ausdrücklichen Versicherungen von Lehmann und Neumann ausgeschlossen, dass sie gelegentlich ihrer Untersuchungen über die Beweglichkeit des Bac. implexus bei dem grossen Interesse, das sie dieser Frage zuwandten, nicht

Digitized by Google

rasch genug ihre Präparate angesehen haben sollten und ihnen auf diese Weise die Beweglichkeit nicht zur Beobachtung gelangt sein könnte. Es muss also der Organismus mit der Zeit die Fähigkeit der Eigenbewegung erlangt haben.

Da Böttcher vor $1\frac{1}{2}$ Jahren den Organismus zwar auf Gelatine und Agar beweglich, auf Kartoffeln aber noch unbeweglich fand, so könnte man an eine allmähliche Entwickelung der Begeisselung denken.

Ich unterlasse es mich darüber zu äussern, ob durch meine Beobachtungen eine Ueberführung des Bac. implexus in den Bac. subtilis bewiesen sei, ich lege nur Werth auf den Nachweis, dass eine früher unbewegliche Bacillenart jetzt unzweifelhafte Eigenbewegung zeigt.

Zum Schlusse sei mir noch gestattet, dem Herrn Prof. Dr. K. B. Lehmann für die Anregung zu vorliegender Arbeit, sowie für die stetige Unterstützung bei der Ausführung und das mir bezeugte ausserordentliche Wohlwollen meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Auch dem Herrn Dr. O. Appel, z. Z. Assistent am hygienischen Institut Würzburg, sage ich für die freundliche Unterstützung bei den angestellten Untersuchungen hiermit besten Dank.

Einige Bemerkungen zur Geisselfrage.

Nachschrift zu vorstehender Arbeit des Herrn Zierler

von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann.**

(Aus dem hygienischen Institut zu Würzburg.)

Es bedarf keiner Versicherung, dass ich mir der Verantwortung bei Publication der vorstehenden Untersuchung wohl bewusst bin. Ich hatte Herrn Dr. Böttcher's fleissiger Untersuchung, die zur Constatirung einer zeitweisen Beweglichkeit des Bacillus implexus führte, immer noch einen Rest von Zweifel entgegengebracht, der aber verstummen musste nach der sehr sorgfältigen Arbeit von Herrn Zierler, deren Resultate ich oft controlirte. Es unterliegt demnach keinem Zweifel, dass ein Organismus, den Zimmermann sowie Neumann und ich in zahlreichen, speciell darauf gerichteten Untersuchungen unbeweglich gefunden hatten, in abgeleiteten Culturen später Eigenbewegung erlangt hat. Es ist dies bisher von irgend einer Bacterienart kaum so einwandfrei constatirt worden, die Beobachtungen über bewegliche Pestbacterien sind bisher sehr vereinzelt, und auch für Bacterium coli und Bacterium septicaemiae haemorrhagicae scheint mir trotz einzelner gelegentlicher Angaben der Literatur ein scharfer Beweis kaum geliefert, dass der gleiche Stamm beweglich und unbeweglich vorkommt. Ueber die Bedeutung dieser Beobachtung für die Systematik will ich heute nichts sagen.

Es ist unsere Beobachtung über Bacillus implexus eine Ergänzung zu den von mir und Neumann in unserem Atlas beschriebenen sicheren Beobachtungen über das Verlorengehen von Eigenbewegung und Geisselbildung bei Mikrococcus agilis Ali Cohen und Mikrococcus citreus agilis Menge. Auch bei neuer wiederholter Beobachtung dieser Arten in jungen Abimpfungen unserer Stammculturen habe ich niemals Eigenbewegung mehr gesehen, muss aber nach den Beobachtungen bei Bacillus implexus zugeben, dass möglicherweise eines Tages wieder eine bewegliche Generation auftritt.

Erwähnen möchte ich hier ferner noch, dass es Herrn Dr. Böttcher in Uebereinstimmung mit den Angaben unseres Atlas nicht gelingen wollte, einen beweglichen Bacillus mycoides zu züchten. Acht Stämme, die aus vier hiesigen Erdproben gezüchtet wurden, zeigten niemals Eigenbewegung, ebensowenig drei Stämme aus rheinischer Erde, zwei aus Westphalen und einer aus Danzig. Auch aus den Instituten von München, Berlin und Erlangen bezogene Culturen boten keine Spur von Eigenbewegung und doch beschreiben C. Fränkel, Flügge-Kruse und Zimmermann den Bacillus mycoides als beweglich. Es muss offenbar eine bewegliche Form oder Parallelart existiren, von der festzustellen ist, ob sie in unseren Culturen unter besonderen Umständen vielleicht in die unbewegliche Form übergeht. Ich werde der Mycoidesfrage noch weitere Aufmerksamkeit schenken — bisher habe ich aber schon mindestens 50mal vergeblich frische Colonien verschiedenster Herkunft auf Beweglichkeit geprüft und wäre für Zusendung einer beweglichen Mycoidescultur sehr dankbar.

Ueber den Einfluss des Wassergehaltes der Nährböden auf das Wachsthum der Bacterien.

Von

Leo Wolf,

aus Oberstein a. N.

(Aus dem hygienischen Institut zu Würzburg.)

Herr Professor Dr. K. B. Lehmann, den ich um Ueberlassung eines Themas zu einer Dissertation bat, machte mich darauf aufmerksam, dass über das Wachsthum der Bacterien auf wasserarmen Nährböden bis dahin noch keine sicheren, ausführlichen Ergebnisse veröffentlicht worden seien. Ich betrachtete es als eine angenehme Aufgabe, durch einige Untersuchungen auf diesem Gebiete zur Beantwortung dieser Frage Einiges beizutragen.

Es handelte sich zunächst darum, Nährböden von geringerem Wassergehalte, als die gebräuchlichen, herzustellen.

Gelatine.

Die Methode, Gelatinenährböden von hoher Concentration herzustellen, wurde im Wesentlichen von Herrn Dr. Berthold Hoffa, der einige Monate früher als ich im hiesigen hygienischen Institute unter Leitung von Herrn Prof. Lehmann über dieselbe Frage einige Vorversuche anstellte, ausgearbeitet.

Die Gelatine wird im Trockenschrank einige Stunden getrocknet, sodann in ein Tuch eingeschlagen, möglichst fein zerkleinert und in einer vorher gewogenen Schale im gewünschten

Verhältnis mit Koch'scher Nährbouillon[1]) gemischt, darauf 24 Stunden lang im Zimmer gut verschlossen resp. vor Verdunstung möglichst geschützt stehen gelassen. In dieser Zeit hat sich die Gelatine mit der Nährbouillon zu einer ziemlich homogenen Masse vermischt. Dieselbe wird nun im Dampftopf verflüssigt und zugleich sterilisirt, darauf erstarren gelassen und sammt Schale gewogen; dabei ergiebt sich regelmässig eine ziemlich beträchtliche Gewichtsabnahme, also weitere Concentration.

Die Berechnung derselben geschieht nach folgendem Beispiel:

Gewünschter Wassergehalt 70%.

Gewicht der Schale	87,34	g
» » Gelatine	15,00	»
» » Bouillon	35,00	»
zusammen	137,34	g
» nach der Sterilisation	124,20	»
also Wasserverlust	13,14	»

Nach der Gleichung $21{,}86 : 36{,}86 = x : 100$ ist der Wassergehalt $x = 59{,}3\%$; dabei ist die unbedeutende Trockensubstanz der Bouillon vernachlässigt.

Eine genaue Controlprüfung des Concentrationsgrades wurde nun in der Weise vorgenommen, dass man gewogene Mengen der erstarrten Gelatine im Trockenschrank bis zum Constantbleiben des Gewichtes (Wägung nach drei und sechs Tagen) trocknete, wieder wog und aus der Gewichtsabnahme den Wassergehalt bestimmte. Die dabei sich ergebenden Zahlen stimmen im Allgemeinen mit den nach der Rechnung zu erwartenden befriedigend überein. Die Differenzen werden noch geringer, wenn man die Trockensubstanz der Bouillon in Rechnung zieht. Die Extractstoffe derselben betragen nach Prof. K. B. Lehmann-Archiv für Hygiene, Bd. III pag. 284 — 1,3%; dazu kommen noch 1% Pepton und ½% Kochsalz, also

1) 1000 g Bouillon aus 500 g Fleisch, dazu 10 g Pepton und 5 g Kochsalz, mittels Natronlauge und Phenophthalein neutralisirt.

zusammen 2,8%. Es sind demnach, um bei dem oben angeführten Beispiele zu bleiben, in den benutzten 35 g Bouillon noch 0,98 g Trockensubstanz und berechnet sich demgemäss nach der Gleichung $20{,}88 : 36{,}86 = x : 100$. Der Wassergehalt $x = 56{,}65\%$.

Die bei unsern beiden Versuchsreihen mit Gelatine angewandten Nährböden hatten folgenden Wassergehalt:

1. Reihe.

	I	II	III	IV
Gewünschter Wassergehalt . . .	70 %	60 %	50 %	40 %
Nach der Sterilisation berechneter	59,3 »	51,47 »	46,13 »	34,86 »
Durch Austrocknung gefundener	53,0 »	50 »	41,5 »	26,4 »

2. Reihe.

	I	II	III	IV	V
Gewünschter Wassergehalt . .	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %
Nach der Sterilisation berechneter	72,6 »	62,95 »	53,49 »	45,81 »	35,15 »
Durch Austrocknung gefundener	69,45 »	58,6 »	52,54 »	42,5 »	31 »

Die in den Schalen erstarrte fertig präparirte Gelatine wird in kleine Stückchen geschnitten, in abgewogenen Mengen von 3—5 g in ebenfalls vorher gewogene Reagensröhrchen gebracht, im Dampftopf sterilisirt und schräg erstarren gelassen, sodann wieder gewogen. Die dabei gefundenen minimalen Gewichtsdifferenzen konnten ausser Betracht bleiben.

Die einzelnen Nährböden wurden nun im Strich mit 7 Reinculturen — B. pyocyaneum, B. typhi, Vibrio Cholerae, B. prodigiosum, B. vulgare, Mikr. pyogenes α aureus, Bac. anthracis — geimpft, acht Tage bei Zimmertemperatur stehen gelassen und beobachtet. Sodann wurden die Reagensröhrchen sammt Gelatine im Trockenschrank bis zum Constantbleiben des Gewichtes getrocknet und aus der Gewichtsabnahme wiederum der Wassergehalt bestimmt. Die dabei gefundenen Zahlen entsprachen

im Allgemeinen den bei der Berechnung gefundenen; es hatte sich also, wie zu erwarten, die Gelatine in der Beobachtungszeit nicht nennenswerth in ihrem Wassergehalte verändert. Ueber das Wachsthum oben genannter Spaltpilze auf diesen Gelatinenährböden s. Tab. I und I a (S. 205).

Brot.

Gewöhnliches Graubrot aus mittelfeinem Weizen- und Roggenmehl wurde ohne die Rinde zerkrümelt, im Trockenschrank 24 Stunden getrocknet, im Mörser auf's Feinste zerstossen und gesiebt; sodann wurde dies in Schalen mit Bouillon und Normalnatronlauge im gewünschten Verhältnis gemischt (zur Neutralisation waren in unserm Falle für 10 g Brot 1,36 ccm Normal-NaOH nothwendig) und zu einer vollständig homogenen Masse verrührt.

Damit wurde der Boden weithalsiger Kölbchen, die vorher gewogen waren, etwa 1 cm hoch bedeckt, dieselben dann gewogen, im Dampftopf sterilisirt und wieder gewogen.

Auch dabei war in der Regel eine mässige Gewichtsabnahme zu constatiren, wodurch der Wassergehalt sich noch etwa um je 1—2% verminderte. Auf diese Nährböden wurden die sieben Culturen durch mehrere, nebeneinanderliegende Stiche geimpft. Ueber das Wachsthum s. Tab. II u. II a (S. 205 u. 206).

Kartoffel.

Käufliches Kartoffelmehl wurde 24 Stunden im Trockenschrank getrocknet und mit Bouillon und Normalnatronlauge im gewünschten Verhältnis gemischt (bei unsern Versuchen war zur Neutralisation von 10 g Kartoffelmehl 0,39 ccm Normalnatronlauge nothwendig) und zu einer homogenen Masse verrührt. Daraus wurden nun auf dieselbe Weise, wie bei den Brotnährböden angegeben, Kartoffelnährböden hergestellt, welche ebenfalls durch die Sterilisation eine Verminderung ihres Wassergehaltes um 0—2% erfuhren. Ueber das Wachsthum der sieben Spaltpilze auf diesen Nährböden s. Tab. III u. III a (S. 206).

Digitized by Google

Fleischpulver.

Das von der Universitäts-Apotheke in Greifswalde hergestellte sogenannte »Fleischpulver« wurde mit Bouillon und Normalnatronlauge im gewünschten Verhältnis gemischt und weiter ebenso behandelt wie die Brot- und Kartoffelnährböden. Auch hier wurde nach der Sterilisation eine Herabsetzung des Wassergehalts um etwa 1% gefunden. Ueber das Wachsthum obiger sieben Spaltpilze auf diesem Nährsubstrat s. Tab. IV (S. 207).

Cakes.

Albert-Cakes wurden mehrere Tage lang im Trockenschrank bis zum Constantbleiben des Gewichtes getrocknet, wobei sich ein Wassergehalt von ca. 4% ergab. Sodann wurde eine Anzahl getrockneter Cakes gewogen, verschieden lange Zeit mit Bouillon durchtränkt und durch nochmalige Wägung die Flüssigkeitsaufnahme und daraus der Concentrationsgrad des Nährbodens bestimmt. Die einzelnen Cakes wurden nun in Glasschalen sterilisirt und wiederum gewogen, wobei sich gar keine oder nur ganz minimale Gewichtsdifferenzen gegen vorher ergaben. Darauf wurden die einzelnen Cakes mit obigen sieben Spaltpilzen durch mehrere dicht nebeneinander liegende Stiche geimpft und bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Ueber das Wachsthum der Spaltpilze darauf s. Tab. V (S. 207).

Die Cakes eignen sich deshalb nicht gut zu Nährböden, weil sie bei ihrer dunklen Farbe und eigenthümlichen Oberfläche die Bacterienculturen nicht so leicht erkennen lassen, als die übrigen von uns geprüften Nährsubstrate, und auch kaum das aufgenommene Wasser in gleichmässiger Vertheilung enthalten.

Ein Versuch auf unverdünntem Liebigs Fleischpepton, das nach Angabe der Fabrik 30% Wasser enthält, unsere Spaltpilze zu züchten, hatte vollständig negatives Resultat.

In folgenden acht Tabellen sind die Resultate unserer Versuche angegeben.

Digitized by Google

Tabelle I. **Gelatine.**

	I Wassergehalt 53%	II Wassergehalt 50%	III Wassergehalt 41,5%	IV Wassergehalt 26,4%
B. pyocyaneum .	deutlich	Spuren	?	= 0
B. typhi	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
Vibr. cholerae . .	?	= 0	= 0	= 0
B. prodigiosum .	stark	stark	deutlich	= 0
B. vulgare . .	deutlich	Spuren	Spuren	= 0
Mikr. pyogenes α aureus	?	?	deutlich	= 0
Bac. anthracis . .	?	Spuren	Spuren	Spuren

Tabelle Ia. **Gelatine.**

	I Wassergeh. 69,45%	II Wassergeh. 58,6%	III Wassergeh. 52,54%	IV Wassergeh. 42,25%	V Wassergeh. 31%
B. pyocyaneum	stark	deutlich	Spuren	?	= 0
B. typhi . . .	deutlich	deutlich	Spuren	Spuren	= 0
Vibr. cholerae	Spuren	Spuren	?	Spuren	= 0
B. prodigiosum	sehr stark	sehr stark	sehr stark	stark	deutlich
B. vulgare .	stark	deutlich	Spuren	Spuren	= 0
Mikr. pyogenes α aureus .	sehr stark	sehr stark	stark	stark	deutlich
Bac. anthracis	deutlich	deutlich	Spuren	Spuren	= 0

Tabelle II. **Brot.**

	I Wassergehalt 70%	II Wassergehalt 60%	III Wassergehalt 50%	IV Wassergehalt 40%
B. pyocyaneum .	stark	deutlich	deutlich	?
B. typhi	deutlich	deutlich	?	= 0
Vibr. cholerae . .	deutlich	deutlich	?	= 0
B prodigiosum .	sehr stark	stark	stark	deutlich
B. vulgare . . .	stark	Spuren	deutlich	= 0
Mikr. pyogenes α aureus	stark	deutlich	deutlich	deutlich
Bac. anthracis . .	stark	deutlich	?	= 0

Digitized by Google

Tabelle IIa. **Brot.**

	I Wassergehalt 70%	II Wassergehalt 60%	III Wassergehalt 50%	IV Wassergehalt 40%
B. pyocyaneum .	stark	stark	deutlich	Spuren
B. typhi	deutlich	deutlich	deutlich	= 0
Vibr. cholerae . .	deutlich	Spuren	Spuren	= 0
B. prodigiosum .	sehr stark	sehr stark	sehr stark	deutlich
B. vulgare . . .	deutlich	deutlich	?	= 0
Mikr. pyogenes *a* aureus	stark	stark	stark	deutlich
Bac. anthracis . .	deutlich	Spuren	?	0

Tabelle III. **Kartoffelmehl.**

	I Wassergehalt 70%	II Wassergehalt 60%	III Wassergehalt 50%	IV Wassergehalt 40%
B. pyocyaneum .	stark	deutlich	Spuren	deutlich
B. typhi	?	= 0	= 0	= 0
Vibr. cholerae . .	Spuren	= 0	= 0	= 0
B. prodigiosum .	sehr stark	stark	deutlich	deutlich
B. vulgare . . .	deutlich	deutlich	Spuren	Spuren
Mikr. pyogenes *a* aureus	deutlich	deutlich	deutlich	Spuren
Bac. anthracis . .	deutlich	deutlich	= 0	= 0

Tabelle IIIa. **Kartoffelmehl.**

	I Wassergehalt 70%	II Wassergehalt 60%	III Wassergehalt 50%	IV Wassergehalt 40%
B. pyocyaneum .	sehr stark	sehr stark	stark	deutlich
B. typhi	?	Spuren	?	= 0
Vibr. cholerae . .	deutlich	deutlich	Spuren	= 0
B. prodigiosum .	sehr stark	sehr stark	stark	deutlich
B. vulgare . . .	deutlich	deutlich	stark	Spuren
Mikr. pyogenes *a* aureus	sehr stark	stark	stark	deutlich
Bac. anthracis . .	stark	stark	deutlich	= 0

Digitized by Google

Tabelle IV.

Fleischpulver.

	I Wassergehalt 70%	II Wassergehalt 60%	III Wassergehalt 50%	IV Wassergehalt 40%
B. pyocyaneum .	stark	stark	Spuren	Spuren
B. typhi	deutlich	Spuren	Spuren	= 0
Vibr. cholerae . .	stark	deutlich	= 0	= 0
B. prodigiosum .	sehr stark	sehr stark	stark	Spuren
B. vulgare . . .	stark	Spuren	deutlich	= 0
Mikr. pyogenes *a* aureus	stark	stark	deutlich	Spuren
Bac. anthracis . .	Spuren	Spuren	= 0	= 0

Tabelle V.

Cakes.

	I Wassergehalt 70,56—71,92%	II Wassergehalt 56,54—59,07%	III Wassergehalt 48,12—48,73%
B. pyocyaneum . . .	stark	stark	deutlich
B. typhi	stark	deutlich	= 0
Vibr. cholerae	stark	stark	= 0
B. prodigiosum	stark	deutlich	= 0
B. vulgare	stark	deutlich	= 0
Mikr. pyogenes *a* aureus	stark	stark	Spuren
Bac. anthracis	stark	?	= 0

Aus diesen acht Tabellen geht hervor, dass Bacterien bei 50% Trockensubstanz auf unsern gebräuchlichen Nährböden meist noch wachsen, bei 60% Trockensubstanz aber versagen. Am besten scheinen — auch noch bei stärkerer Concentration des Nährbodens — die farbenbildenden Arten (B. pyocyaneum, B. prodigiosum und Mikr. pyogenes und aureus) zu gedeihen. Doch mag zum Theil die häufigere Feststellung ihres Wachsthums bei unsern Versuchen auch durch ihre leichtere Erkennbarkeit bedingt sein.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass in einzelnen Fällen bei einer noch weiteren Herabsetzung des Wassergehalts unter 40% als bei unsern Versuchen, ein geringes Wachsthum von Bacterien stattfinden kann. Die Stärke des Wachsthums nimmt natürlich ab, je geringer der Wassergehalt des Substrats wird. Unsere Versuche bestätigen in dieser Hinsicht viele bekannte Thatsachen des täglichen Lebens, wie z. B. die geringe Wachsthumsfähigkeit von Bacterien auf der Oberfläche des in den Kühlhäusern oberflächlich getrockneten Fleisches, in der Brotrinde, in dem trocknen Schorf einer Wunde etc.

Nach Beendigung meiner Versuche werde ich auf eine Mittheilung von Kappes[1]) aufmerksam, der Massenculturen von Bacterien auf Nährböden anlegte, deren Trockensubstanz folgendes enthielt:

1 %	Agar,
1 %	Gelatine,
1 %	Pepton,
1,5%	Fleischextract,
0,5%	Kochsalz,
5%.	

Derselbe sagt: Am Ende dieses Abschnittes gedenke ich einiger Versuche, welche mit concentrirten Nährböden angestellt wurden, um vielleicht bis zu einer bestimmten Grenze eine reichere Ausbeute zu erzielen. Dabei zeigte sich aber, dass auf diesem Wege keinerlei Vortheile entsprangen; denn der Nährboden bot bei einer Steigerung des Gehaltes an Pepton, Fleischextract und Chlornatrium kein günstigeres Wachsthum; dasselbe wurde im Gegentheil weniger energisch, wenr die genannten Bestandtheile in der fünffachen Menge der gegebenen Vorschrift angewandt wurden, es verlosch fast gänzlich bei weiterer Steigerung.

Dieser Befund einer energischen Wachsthumshemmung schon bei 25% Trockensubstanz, findet wohl seine Erklärung

1) Kappes, Analyse der Massen-Culturen einiger Spaltpilze. Leipzig 1890 (Dissertation).

Digitized by Google

darin, dass Kappes in seinen Versuchen nicht, wie wir, nur die vielleicht als indifferent zu betrachtende Gelatine, sondern Pepton, Fleischextract und Chlornatrium vermehrt hat.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann für die Ueberlassung des Themas, sowie für die vielfache Anregung und Unterstützung bei meinen Arbeiten, Herrn Dr. R. Neumann für seine freundlichen Anweisungen, sowie Herrn Dr. Berthold Hoffe für die Mittheilung der Resultate seiner Vorversuche meinen besten Dank auszudrücken.

Die Bedeutung der Darmbacterien für die Ernährung.

Von

Dr. **Max Schottelius,**

Professor der Hygiene.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Freiburg i. B.)

Die Frage nach der Bedeutung der niederen Organismen für das Gedeihen der höheren Lebewesen wurde zuerst von Pasteur[1]) angeregt, nachdem sie von Duclaux für die Pflanzen in dem Sinne experimentell entschieden war, dass der Aufbau der organischen Substanz in den Pflanzen nur unter Mitwirkung von Bacterien stattfinden kann. Bringt man von zwei sterilisirten Samen — beispielsweise Bohnen gleicher Art und gleichen Gewichtes — den einen zum Keimen in gewöhnliche Gartenerde, den anderen in die gleiche von lebendigen Bacterien aber völlig befreite Erde und überlässt beide Samen dem Keimungsprocess unter günstigen Wachsthumsbedingungen derart, dass der eine Same unter den gewöhnlichen Verhältnissen, der andere unter den gleichen Bedingungen, aber ganz ohne Bacterien sich entwickeln muss, so nimmt nur die erstere Pflanze an Gewicht zu, während die zweite das Gewicht des Samens behält und bald abstirbt.

Duclaux bezeichnet es als das ideale Ziel der landwirthschaftlich wissenschaftlichen Forschung: Diejenigen Bacterienarten zu bestimmen und den Nutzpflanzen bei ihrem Wachsthum zuzuführen, welche zur Aufspeicherung der den Menschen nothwendigen Nahrungsstoffe in den Pflanzen dienen.

Wir wissen, dass bereits praktische von Erfolg gekrönte Versuche nach dieser Richtung in grösserem Maassstabe unternommen

1) Comptes rendus, 1885.

Digitized by Google

sind: bei der Urbarmachung von Moorboden durch Infection mit bacterienreicher Leguminosenerde[1]) und bei der Düngung von Leguminosen mittels der von Beyerinck, Nobbe, Franck u. A.[2]) cultivirten Wurzelbacterien, Bacillus radicicola, Rhizobium Leguminosarum, Bacillus tuberigenus etc.

Es wird auch von Niemanden die Richtigkeit der Duclaux-schen Ansicht bezüglich der Bedeutung der Bodenbacterien für die Ernährung der Pflanzen bezweifelt. Dagegen sind die Akten über die Bedeutung der Thätigkeit der Darmbacterien für die Ernährung der Thiere und für den Menschen noch nicht geschlossen.

Neucki geht soweit, den Ernährungsmodus der Thiere in dieser Beziehung zu dem der Pflanzen in einen bestimmten Gegensatz zu stellen und weist darauf hin,[3]) dass die Verdauungssäfte der Darmdrüsen allein und ohne Zuthun von Bacterien im Stande seien, Stärkekleister und Eiweiss zu lösen, die Fette zu emulgiren, zum Theil in Glycerin und Fettsäuren zu spalten und so die Nahrung für den Verdauungskanal resorbirbar zu machen. Durch die Untersuchungen von Nutall und Thierfelder[4]) scheint die Frage auch experimentell in dem Sinne entschieden zu sein, dass für das Leben der höheren Thiere die Mitwirkung der Darmbacterien mindestens nicht nothwendig ist. Nutall und Thierfelder experimentirten bekanntlich mit Meerschweinchen und zeigten, dass man im Stande ist, 10 Tage lang ein solches Thier ohne Bacterien am Leben zu erhalten und sogar eine Gewichtszunahme zu erzielen.

Eine endgültige Entscheidung der Frage wäre selbstverständlich nicht nur von grösster wissenschaftlicher Tragweite, indem sie die Stellung der bacteriellen Zersetzung zu derjenigen der Verdauungssäfte regelte, sondern fast mehr noch von praktischer Bedeutung, indem für die Ernährung des Menschen unter physiologischen und unter pathologischen Verhältnissen die Befreiung des Darms von den Bacterien bezw. die absolute Desinfection

1) Perseke, Bericht über die Arbeitercolonie Kästorf b. Gifhorn 1888
2) Flügge, Mikroorganismen II, 324 ff., 1896.
3) Neucki, Arch. f. experim. Patholog., XX, S. 385.
4) Nutall und Thierfelder, Zeitschr. f. physiol. Chemie, XXI u. XXII

Digitized by Google

des Darmrohres als das Ziel der physiologischen und der therapeutischen Bestrebungen sich ergeben müsste, wenn die Ernährung ausschliesslich durch die Verdauungssäfte ohne Mitwirkung der Darmbacterien stattfände.

Wenn ich zu dieser Frage Stellung nehme, so geschieht das auf Grund allgemein wissenschaftlicher Ueberlegungen und Erfahrungen und sodann auf Grund experimenteller Untersuchungen, welche aus äusseren Umständen erst in diesem Jahre wieder aufgenommen werden konnten.

Es ist zunächst zu bedenken, dass überhaupt kein Thier existirt, welches nicht in seinem tractus intestinalis ungeheuere Mengen von Bacterien ständig beherbergt. Die Arten und die Zahl dieser Bacterien nehmen zu etwa proportional der höher stehenden Art und der Mensch weist die grösste Mannigfaltigkeit und entsprechend seinem Körpergewicht auch eine sehr grosse Menge von Darmbacterien auf. Dass dieser Zustand phylogenetisch schon seit unabsehbaren Zeiten bestehe, daran ist nicht zu zweifeln. Und ebensowenig kann man verkennen, dass dieser Zustand, wenn wir uns des von Buchner[1]) angewandten Wortes bedienen wollen »erhaltungsmässig« sein muss. Es wäre im Sinne der vorwärts gehenden Entwicklung der Arten gar nicht zu verstehen, wieso das stärkere, bessere Lebewesen ausschliesslich Schädlinge in seinem Innern beherbergen sollte, wieso sich im Laufe der Zeiten nicht eine Anpassung beider Factoren, eine Symbiose zwischen Spaltpilzen und Darmschleimhaut herausgebildet haben sollte. Aber selbst wenn wir nicht auf ein aktives Zuführen von Nährwerthen seitens der Bacterien zu den Geweben zurückgreifen wollen, sondern den Bacterien nur die Rolle von kämpfenden Antagonisten zuweisen, so müsste das ständige seit Urzeiten vorhandene Dasein derselben im Darm dafür sprechen, dass diese Reizmittel zur Auslösung der Lebensenergie der Körperzellen nützlich und in »erhaltungsmässige« Beziehungen zu dem Gewebe der Darmwand getreten sind.

---

1) Buchner, Naturwissenschaft und Materialismus, »Allgemeine Zeitung«, Nr. 140 u. 141, 1898.

Digitized by Google

Zu diesen allgemeinen Erwägungen, welche für die Nützlichkeit und für die Nothwendigkeit des Vorhandenseins der Darmbacterien sprechen, kommen noch besondere, namentlich für den Menschen genauer untersuchte Thatsachen[1]). In den von mir geleiteten bacteriologischen Cursen lasse ich seit vielen Jahren — so zu sagen als Einführungspräparat in das Studium der Bacteriologie — von jedem der Theilnehmer mittels einer ausgeglühten Platinöse die Spitze seiner Zunge berühren und das in der Oese hängende Tröpfchen Speichel mikroskopisch untersuchen. Es sind jeweils etwa 50 Präparate, welche in dieser Weise zur Anschauung kommen: und jedes dieser Präparate ist jedem anderen nahezu identisch. Es enthält bekanntlich sämmtliche Grundformen der Spaltpilzarten und von jeder Grundform mehrere Sorten. Wie die verschiedenen Mundhöhlen hygienisch behandelt wurden, ob Jemand gesunde Zähne hat oder kranke, ob Jemand raucht oder nicht raucht u. s. w., das ist dabei nach unseren vieljährigen Erfahrungen nahezu gleichgültig. Ich pflege die Studirenden auf diese Thatsache immer besonders aufmerksam zu machen und durch gegenseitigen Austausch der Präparate die bacteriologische Identität derselben konstatiren zu lassen. Bekannt ist auch, dass die Züchtungs-Versuche dieser Bewohner der menschlichen Mundhöhle negativ ausfallen: dass unter Anwendung der gebräuchlichen Cultur-Verfahren ausser dem Spaltpilz der Fränkel'schen Sputum Pneumonie so gut wie gar nichts wächst und unter Benützung der complicirtesten Methoden nur ganz wenige Arten kurze Zeit ausserhalb der Mundhöhle am Leben erhalten werden können, nicht entfernt die Mannigfaltigkeit und die Menge der mikroskopisch differenzirbaren Arten erreichend.

Diese Thatsache scheint mir sehr lehrreich zu sein und darauf hinzuweisen, dass sich die Bacterien der menschlichen Mundhöhle eines ausserordentlich starken Schutzes seitens ihres Mutterbodens erfreuen; eines Schutzes, der so stark ist, dass er

1) Bienstock, Zeitschrift für klin. Medicin, Bd. VIII, H. 1 u. 2. — Escherich, Darmbacterien des Säuglings, 1886, u. A. m.

die Spaltpilze unter allen Umständen vor der Zerstörung schützt und der diesen Spaltpilzen so geeignete Lebensbedingungen bietet, dass dieselben anderswo überhaupt nicht gedeihen können.

Da es sich nun mit den Bacterien des übrigen tractus intestinalis des Menschen ähnlich verhält, wie mit denen der Mundhöhle, bis zu den aus den normalen menschlichen Dejectionen cultivirbaren Arten: insofern als überall eine viel grössere Mannigfaltigkeit und Zahl thatsächlich vorhanden ist, als cultivirt werden kann, so glaube ich daraus den Schluss ziehen zu müssen, dass diese Einrichtung nicht zwecklos ist, sondern dass sie aus den angeführten Gründen einen nützlichen Zweck hat.

Von einem näheren Eingehen auf die Function einzelner Arten, besonders auf die des Bact. coli, sowie auf eine Betrachtung der pathologischer Weise im Darmrohr auftretenden Arten, speciell auf den Typhusbacillus und auf die Cholerabacillen, glaube ich an dieser Stelle Abstand nehmen zu sollen und möchte nur bemerken, dass auch die nach dieser Richtung hin angestellten Ueberlegungen zu dem Ergebnis führen müssen, dass das Auftreten ungewöhnlicher, als eigentliche Parasiten anzusprechender Arten, und ihr Concurrenzkampf mit den physiologischen Darmbewohnern zu Störungen in der physiologischen Function des tractus intestinalis führen, unter denen der Gesammtorganismus geschädigt, bedingungsweise zerstört wird.

Gewiss sind die functionirenden Epithelien der Darmschleimhaut und diejenigen Zellen, welche colonienweise als Darmdrüsen arbeiten und ihre specifischen Säfte ausscheiden, für die Ernährung nicht weniger bedeutungsvoll: aber der Einwand, welchen Nencki[1]) und Andere machen, dass »dies Alles ohne das geringste Zuthun der Mikroben« geschehe, ist deshalb hinfällig, weil niemals bei den einschlägigen Experimenten über die Function der Darmdrüsen die Verdauungssäfte unter Ausschluss der Wirkung der Bacterien gearbeitet wurde, geschweige denn unter Ausschluss der beigemischten Stoffwechselproducte der Bacterien oder — wie das nach den schönen Untersuchungen

1) Nencki, a. a. O.

Digitized by Google

Buchner's über die Hefe sehr wohl zu berücksichtigen ist — unter Ausschluss der abgestorbenen Bacterienleiber.

Der Gegensatz, welchen Neucki konstruirt zwischen dem Ernährungsmodus der Pflanzen, für welche die Bedeutung der Bodenbacterien zugegeben wird und dem der Thiere, für welche der Einfluss der Darmbacterien geleugnet wird, ist auch nicht so gewaltig, als es den Anschein hat. Die »Wurzeln« des thierischen und des menschlichen Organismus müssen wir eben erkennen in den Darmfalten und in den Darmzotten, welche in den nahrhaften Boden — den Speisebrei — hineinhängen und dasjenige resorbiren, was durch die Thätigkeit der Verdauungssäfte und durch die Thätigkeit der physiologischen Darmbacterien vorbereitet ist.

Zweifellos geschieht der ganze Umsetzungsprocess der Nahrung im thierischen und im menschlichen Darmrohr unter dem Einfluss der höheren Temperatur und der grösseren Lebensenergie aller dabei betheiligten Elemente schneller und intensiver als bei der Ernährung der Pflanze; aber das ist nur ein quantitativer Unterschied kein qualitativer. Wie die Verwerthung der resorbirten Bestandtheile im eigentlichen Innern des thierischen und menschlichen Körpers weiter stattfindet, unter welchen Gesetzen die aufgenommenen Nährwerthe — gegenüber dem pflanzlichen Stoffwechsel — weiter verbrannt und in Wärme und Arbeit umgesetzt oder auch aufgestapelt werden: das ist eine Sache für sich, in welcher der Gegensatz zwischen thierischem und pflanzlichem Leben recht eigentlich hervortritt; aber für die Nahrungsaufnahme selbst sind beim Thiere wie bei der Pflanze die Bacterien ein wesentlicher Factor.

Inzwischen ist die vorliegende Frage neuerdings in den Vordergrund des Interesses gerückt durch die erwähnten Untersuchungen von Nutall und Thierfelder, denen es durch mühevolle, mit ausserordentlichem Scharfsinn durchgeführte Experimente gelang, junge, durch den Kaiserschnitt geborene Meerschweinchen mit keimfreier Nahrung 13 Tage lang ohne Bacterien am Leben zu erhalten und sogar eine Gewichtszunahme an diesen Thieren zu constatiren. Auf Grund dieser Thatsachen gelangen die

genannten Autoren in ihrer ersten Mittheilung[1]) zu dem Schluss: »Die Anwesenheit von Bacterien im Darmkanal ist für das Leben der Meerschweinchen, also auch der anderen Thiere und der Menschen nicht erforderlich, wenigstens nicht, solange die Nahrung eine rein animalische ist.«

Durch letzteren Zusatz erleidet die These allerdings eine wesentliche Einschränkung, wenn anders derselbe so zu verstehen ist, dass während der Dauer der Ernährung durch Muttermilch die Anwesenheit von Bacterien im Darmkanal nicht erforderlich ist. Die Muttermilch bildet ja für den Säugling den Uebergang von der individuellen Unselbstständigkeit in der Ernährung zur Unabhängigkeit; sie entspricht etwa dem Eiweiss im Vogelei, dem Dottersack der Fische und stammt als Nahrungsmittel direct von einem Individuum, welches seinerseits auf die Thätigkeit der Darmbacterien angewiesen ist.

Nutall und Thierfelder kommen aber in ihrer zweiten diesbezüglichen Abhandlung[2]) nach Verfütterung von sterilisirten Cakes neben der Milch zu dem noch weiter gehenden Schluss: »Für die ausreichende Verdauung derjenigen Nährstoffe, welche auch ausserhalb des Körpers durch die Fermente der Verdauungssäfte in lösliche Producte umgewandelt werden können, bedarf es der Mitwirkung von Seiten der Bacterien nicht.

Wenn aus den angestellten Experimenten kein anderer Schluss als nur dieser gezogen werden könnte, so wäre damit allerdings die Ernährungsfrage definitiv entschieden; aber die Ergebnisse der Nutall-Thierfelder'schen Experimente regen zu weiteren Ueberlegungen an und führen zu Schlussfolgerungen, welche eine andere Deutung der Versuchsergebnisse zulassen.

Aus den Tabellen, welche der genannten Abhandlung beigegeben sind, geht hervor, dass »Normalthiere« am 6. Tage nach der Geburt, durchschnittlich an Gewicht zugenommen haben 20,6%, die »Versuchsthiere« aber nur um 11,75%. — Am

1) Nutall und Thierfelder, Zeitschr. f. physiolog. Chemie, XXI., S. 109.

2) Nutall und Thierfelder, Zeitschr. f. physiolog. Chemie, XXII., S. 62.

10. Tage haben die »Normalthiere« gewonnen 61,6%, die »Versuchsthiere« 16,75%. Am 13. Tage stellte sich die durchschnittliche Gewichtszunahme bei den Versuchsthieren auf 17,5% gegenüber 76,5% bei den Normalthieren. — Aus diesen Zahlen geht unzweifelhaft hervor, dass die Ernährung unter Ausschluss der Bacterien eine äusserst mangelhafte ist.

Die Autoren selbst stellen ausserdem in einer weiteren Uebersicht fest, dass durch den Kaiserschnitt geborene und ausschliesslich mit Kuhmilch unter übrigens gewöhnlichen Bedingungen ernährte Meerschweinchen bis zum 6. Lebenstage gar keine Gewichtszunahme zeigen, während »Normalthiere« durchschnittlich 20,6% an Gewicht gewinnen. Wenn das der Fall ist, so ist damit der Beweis geliefert, dass man solche, durch den Kaiserschnitt geborene Thiere zur Entscheidung der in Rede stehenden Frage überhaupt nicht verwenden kann, denn sowohl bei Gegenwart als unter Ausschluss von Bacterien stellt sich die Gewichtszunahme des durch Kaiserschnitt geborenen und mit Kuhmilch ernährten Meerschweinchens gegenüber den normal geborenen und ernährten Thieren so ungünstig, dass dieser Umstand durch die 11,75% Gewichtsgewinne der ohne Bacterien ernährten Meerschweinchen nicht ausgeglichen werden kann.

Ich möchte schliesslich auch darauf hinweisen, dass bei den aussergewöhnlichen Ernährungsbedingungen der Nutall-Thierfelder'schen Versuchs-Meerschweinchen ein Gewichtsgewinn von 11,75% auch unter dem Gesichtspunkte zu betrachten ist, dass ein Theil dieser Procente möglicher Weise aus Wasserüberschuss besteht.[1])

Durch diese Erwägungen soll nun keinesfalls der hervorragende wissenschaftliche Werth der Nutall-Thierfelder'schen Versuche geschmälert werden; ich bin im Gegentheil davon überzeugt, dass die genannten Forscher durch weitere Vervollkommnung ihrer Methode im Stande sein werden, das bisher benutzte oder irgend ein anderes Säugethier unter noch naturgemässeren Bedingungen noch länger am Leben zu erhalten

1) Forster, Ernährung und Nahrungsmittel, S. 55 ff.

und dadurch die bedeutungsvolle Frage über die Principien der Nahrungsaufnahme noch weiter aufzuklären: in welchem Sinne dann die Entscheidung ausfallen wird, das muss die Zukunft lehren.

Wenn nachstehend ein Theil der von mir mit keimfrei ausgebrüteten Hühnchen angestellten Versuche schon jetzt veröffentlicht wird, so geschieht das deshalb, weil die Methode, welche angewandt wurde, eine wesentlich andere ist als die von Nutall und Thierfelder benutzte, und weil diese Methode nach zweijährigen Versuchen nunmehr soweit entwickelt zu sein scheint, dass sie zur weiteren Anwendung empfohlen werden kann.

Von vornherein muss man davon absehen, die Frage nach der Bedeutung der Darmbacterien experimentell mit einfachen Hülfsmitteln lösen zu wollen und das ist wohl der Grund, weshalb diese Frage, welche bereits vor 13 Jahren von Pasteur angeregt wurde und über deren Tragweite kein Zweifel besteht, nicht schon längst erfolgreich in Angriff genommen worden ist. Dazu kommt, dass die Untersuchungen über den Keimgehalt der Hühnereier[1]), welche in ihrer allgemeinen Richtigkeit leicht bestätigt werden können, abschreckend wirken und von der Benutzung dieses Versuchsobjectes abhalten mussten. Auch Nutall und Thierfelder haben diese Erfahrung machen müssen und kommen in ihrer letzten Mittheilung[2]) nach zwei verunglückten Versuchen zu dem Schluss: »dass die Bacterien sich schon innerhalb des Oviductes bevor und während die Bildung der Kalkschale erfolgt, auf der Schalenhaut festsetzen.«

»Von einer Verwendung der Hühner zum Studium der eingangs erwähnten Frage musste also Abstand genommen werden. Leider scheint uns dieses Resultat zugleich auch einen Verzicht auf die experimentelle Inangriffnahme dieser Fragen überhaupt zu bedeuten.«

Zu demselben Schluss über die erste Ansiedelungsstätte der Pilze in dem Ei gelangt übrigens schon Schenk[3]), indem er

1) Zörkendörfer, Arch. f. Hygiene, Bd. 16, 1893 u. a.
2) Zeitschrift f. physiolog. Chemie, 1897, S. 235.
3) Verhandlungen der physic. medic. Gesellschaft in Würzburg, I., S. 73.

Digitized by Google

schreibt: »Ich glaube nun zwar, dass bei den Pilzen, und zwar nur bei ihnen allein, die spontane Entstehung derselben ausser allem Zweifel ist, allein in diesem speziellen Falle ist ..... doch die Möglichkeit vorhanden, dass Sporen vor der Bildung des Eiweisses und der Schale, die erst im Eileiter entstehen, in den letzteren kommen und dann eingeschlossen werden konnten.«

Danach hält Schenk das Vorkommen von Pilzen und Pilzsporen im Ei ebenso wie Märklin[1]) für eine seltene Ausnahme, während nach den neueren Untersuchungen dieses Vorkommnis die Regel bilden soll.

Wäre das wirklich so, wären in jedem Ei ausnahmslos Pilze vorhanden, so müssten wir, wie oben ausgeführt, auch diese Einrichtung als im Interesse der Art gelegen und nützlich bezeichnen; thatsächlich verhält es sich aber mit den Pilzkeimen unter der Eierschale wie mit andern ausnahmsweise gefundenen »Einschlüssen« im Ei; sie gehören zu den grössten Seltenheiten.

Das Hühnerei selbst ist bacterienfrei, aber die Schale des Hühnereis ist stets inficirt. Der Grad der Verunreinigung ist wechselnd und lässt sich durch sorgfältige Auswahl und Haltung der Hühner auf ein Minimum reduciren. Wir haben uns einen Stamm Hühner angeschafft, die Thiere sehr reinlich und namentlich trocken gehalten, die Eier auf Nester aus Holzwolle legen lassen; sofort nach dem Legen die Eier fortgenommen und weiter behandelt. Da wir den grossen Bedarf durch die selbstgezüchteten Eier nicht vollständig decken konnten, mussten mehrfach Markteier zugekauft werden, es wurden dann immer solche Eier mit ganz reiner Schale ausgewählt, denn manche Hühner legen stets mit Koth beschmutzte Eier, während andere Hühner durchgehends weisse reine Eier legen. Die letzteren bieten von vornherein schon bessere Chancen für die definitive Sterilisation. So lange die Hühnereier trocken gehalten werden, ist die Gefahr einer Infection des inneren Eies nur gering. Die Einwanderung der Bacterien und namentlich der Schimmelmycelien in das Innere des Eies kommt dann zu Stande, wenn die Keime, durch

1) Märklin, Urformen d. nied. Organismen, Heidelberg 1823.

den zum Wachsthum nothwendigen Wassergehalt unterstützt, zu wuchern beginnen und eine der natürlichen in der Eierschale befindlichen feinen Oeffnungen erreichen. Diese Oeffnungen sind über das ganze Ei in grosser Menge vertheilt, die weitesten und am engsten nebeneinander gelagerten Poren befinden sich an dem Pole des Eies, an welchem die Schalenhaut, in zwei Lamellen gespalten, die grosse Luftblase im Innern des Eies enthält.[1]) Hier münden die grossen Poren so zahlreich, dass sie an die vereinigten Milchdrüsenmündungen an der Spitze eines Euters erinnern. Man kann von der Lage, der Zahl und Grösse dieser Poren sich leicht in der Weise überzeugen, dass man ein kaltes trockenes Hühnerei in heisses Wasser legt, dann sprudelt die Luft in Form von Perlen-Schnüren und Bläschen mit grosser Vehemenz aus dem Innern des Eies durch die Poren nach aussen. Es scheint mir daher schon aus dem Ausfall dieses mit grosser Regelmässigkeit verlaufenden Versuches — wenigstens was das Ei der Hühner anbetrifft — nicht wahrscheinlich zu sein, dass das Oberhäutchen, welches die Schwammschicht der Eierschale überzieht, membranartig über die Porenöffnungen hinweggespannt sei und dass der Gasaustausch, resp. die Athmung des Eies durch Osmose bewirkt werde. Vielmehr meine ich, dass bei dem ersten Austrocknen der Eischale das feine Oberhäutchen, welches noch während des Legeactes als dünne Membran die Poren überspannte, durch den eintretenden Wasserverlust über jeder grösseren Porenöffnung zerreisst wie ein zu stark gespanntes Trommelfell, und dass dann die Rissränder durch Verkleben mit den Rändern der nunmehr offenen Poren verschmelzen.

Dieses sind dann die offenen Stomate, durch welche die Infection des Eies von aussen her leicht erfolgen kann. Man kann daraus sehen, wie sehr die früher oder später eintretende Infection — die Fäulnis — des Eies vom Zufall abhängig ist und wie schwer es ist, die Infection zu verhüten ohne die Keimkraft des Embryo selbst zu tödten. Die Wirkung des bekannten »Firnissens« der Eier, welche bei noch nicht eingetretener

1) Bronn, Classen und Ordnungen des Thierreichs, VI., 4., 866 ff.

Digitized by Google

Infection die Eier conservirt, ist weniger darauf zurückzuführen, dass durch den Firniss keine neuen Keime mehr in das Innere des Eies eindringen können, als vielmehr darauf, dass die auf der Eierschale ständig vorhandenen Bacterien trocken fixirt und damit von weiterer Lebensäusserung abgehalten werden.

Zum Ausbrüten bzw. zum Anbrüten unserer in dieser Weise sorgfältig ausgesuchten und behandelten Eier bedienten wir uns eines künstlichen Brutapparates von Otto Grünhaldt in Bau St. Martin bei Metz. Dieser Brutapparat, für das gleichzeitige Ausbrüten von 72 Eiern bestimmt, wird durch eine sinnreiche, auf elektrischem Wege regulirbare Warmwasserheizung erwärmt, so dass die Bedienung desselben, wenn sie auch immerhin viel Sorgfalt erfordert, doch thunlichst erleichtert ist. Bezüglich der Behandlung des Apparates verweise ich auf ein von dem oben erwähnten O. Grünhaldt herausgegebenes Buch.[1]) Der Brutapparat hat sich für unsere Zwecke gut bewährt; zwar ist derselbe während des Betriebes nicht steril zu erhalten, da während der ersten 10 Tage die Eier täglich gewendet und später bis zum Ausschlüpfen täglich gelüftet werden müssen. Zudem geben die mit warmem Wasser gefüllten Brutschläuche eine feuchte Wärme ab, welche das befürchtete Wachsthum der Eierschalenbacterien begünstigt und endlich kommt an dieser Stelle noch eine weitere Infectionsgefahr für das Ei in Betracht: Durch das täglich vorzunehmende Lüften soll eine Abkühlung des Eies bewirkt werden, die dazu dient, dem wachsenden Hühnchen frische Luft zuzuführen. Die in der Luftblase des Eies enthaltene, unter Spannung stehende 40° warme Luft zieht sich durch die Abkühlung zusammen und saugt durch die beschriebenen Poren frische Luft von aussen ein. Man kann sich nun ganz wohl vorstellen, dass aus einer stark mit Staub verunreinigten Luft auf diesem Wege auch Keime in das Innere oder doch an die Porenkanäle gelangen und das Ei inficiren können. Wenigstens sprechen einige bei unsern Vorversuchen gemachte Beobachtungen, bei denen die Versuchseier gerade von der

1) Grünhaldt: die industrielle Geflügelzucht, Dresden 1896.

polaren Luftblase aus und zwar meist durch Schimmel inficirt wurden für die Möglichkeit dieser Infection.

Die Gewichtsverluste der Eier betragen nach den von meinem Assistenten Herrn Dr. O. Korn geführten Listen in 24 Tagen bei Zimmertemperatur durchschnittlich 2,45 g für jedes Ei. Die bebrüteten Eier verlieren dagegen während der höchstens 22tägigen Brutzeit durchschnittlich 10 g. Dieser grosse Gewichtsverlust ist wesentlich durch die grössere Verdunstung bedingt, welche bei der Bruttemperatur (39,5 bis 40°) stattfindet, denn nicht befruchtete Eier verlieren unter den gleichen Verhältnissen durchschnittlich 9,47 g. Das Gewicht der benutzten Eier, welche thunlichst gleichmässig ausgesucht wurden, schwankte zwischen 49 und 56 g, und betrug meistens 51 bis 52 g, so dass die Eier am Schluss der Brutperiode 41 bis 42 g schwer waren. Von einer eigentlichen Desinfection der Eier vor dem Abschluss der Brutperiode habe ich Abstand genommen in der Befürchtung, den Brutprocess ungünstig zu beeinflussen und weil eine weiter unten zu beschreibende Desinfection der Eier unmittelbar vor ihrer eigentlichen Benutzung ausreicht. Nach den beiden von Nutall und Thierfelder vorgenommenen Versuchen scheint aber ohne Schädigung des Embryos eine öftere Desinfection des Eies ganz wohl vertragen zu werden.

Beiläufig sei bemerkt, dass von den im Brutapparat behandelten Eiern trotz minutiösester Sorgfalt ein sehr hoher Procentsatz gar nicht oder nur theilweise zur Entwicklung kommt und dann abstirbt. Es schlüpfen ja auch bei dem natürlichen Bebrütungsprozess durch die Henne nicht alle Eier aus, im Brutapparat haben wir aber in unserer diesjährigen Brutperiode von 326 eingelegten Eiern nur 58 lebendige Hühnchen erzielt, also einen Verlust von ca. 83% zu verzeichnen. Ob sich also der Apparat für praktisch industrielle Zwecke eignet, das dürfte im allgemeinen fraglich und nur für besondere Raçezuchten zu bejahen sein.

Aus einer grossen Anzahl von Vorversuchen, welche zur Feststellung der geeignetsten Desinfectionsmethode der Eier angestellt wurden, hat sich folgendes Verfahren als ausreichend und

Digitized by Google

richtig herausgestellt. Die Eier werden 1 bis 2 Tage vor dem Ausschlüpfen — bevor sie also zum eigentlichen Experiment benutzt werden — mit einer 40° warmen 0,5proc. Sublimatlösung scharf abgebürstet, dann mit ebenfalls brutwarmer physiologischer Kochsalzlösung abgewaschen, mit steriler Watte getrocknet und 2 Stunden lang in einem eigenen sterilen Brutkasten (Thermostaten) sich selbst überlassen. Nach Ablauf der 2 Stunden wird das gleiche Verfahren nochmals wiederholt und die Eier in sterile warme Watte eingewickelt zum Gebrauch fertig gestellt.

Die Controle über die Wirkung der Desinfection wurde in der Weise vorgenommen, dass die behandelten Eier in ein cylindrisches Standglas, welches etwa 5 cm hoch mit erstarrter steriler Nährgelatine gefüllt war, eingelegt und mit warmer flüssiger Nährgelatine bis zur Hälfte ihrer Höhe eingegossen wurden. Hatte sich dann nach 8 bis 14 Tagen gezeigt, dass die Gelatine steril geblieben war, so wurde das Ei abermals nunmehr hoch mit Gelatine übergossen und wiederum mehrere Wochen lang beobachtet. Endlich wurde das Ei mittels eines schmalen Messers durchstochen resp. durchschnitten, der Stichkanal in der Gelatine eingeschmolzen und wiederum beobachtet.

Wenn dann kein Wachsthum eintritt — wir haben jetzt solche Eier, welche 8 Monat lang steril in Gelatine liegen — dann wurde das Ei für steril gehalten. Selbstverständlich gingen wir von den einfachsten, »harmlosesten« Desinficientien Borsäure Kali hypermangan. etc. aus im Interesse der Schonung des Embryos; gingen dann über zu den stärker wirkenden Kresolpräparaten bis zu 5proc. warmer Lysollösung: Keins der Präparate hat für den in Aussicht genommenen Zweck: die Schale ohne Schädigung des Embryos zu sterilisiren, seine Aufgabe erfüllt. Auch die kalte 2‰ Sublimatlösung, verbunden mit gründlichster mechanischer Reinigung liess im Stich, nur unter zweimaliger Anwendung von halbprocentiger warmer Sublimatlösung haben wir unsern Zweck erreicht. Es wurde natürlich darauf gehalten, dass nach Einwirkung der Desinficientien — speciell des Sublimats — keinerlei Reste des Mittels an der Schale des Versuchseies zurückblieben, denn beim Anpicken der Schale

oder später nach dem Ausschlüpfen hätten solche Reste des Desinfectionsmittels in den Organismus des Hühnchens gelangen und das Versuchsresultat trüben können. Bei der Desinfection der Bruteier muss auch insofern sehr vorsichtig verfahren werden, als jedes Schütteln des Eies zu vermeiden ist, weil bei der geringsten Erschütterung die zarten Blutgefässe im Innern zerreissen und das Thier abstirbt.

Damit waren dann also die Eier in den Zustand gebracht, in welchem sie unsern Versuchszwecken dienen konnten. Die weitere Beobachtung der Eier und der ausschlüpfenden Hühnchen erfolgte unter folgenden Verhältnissen.

Mein Laboratorium in dem neuen hygienischen Institut, welches unter besonderer Rücksichtnahme auf derartige Versuche angelegt und eingerichtet ist, wurde für die Dauer der vorliegenden Experimente — im laufenden Jahr vom Anfang Februar bis Ende Juni von jeder anderen Benutzung ausgeschlossen. Jeder überflüssige Gegenstand wurde aus dem Laboratorium entfernt, Fenster und Thüren fest verschlossen und erstere dauernd verschlossen gehalten. Die Erneuerung der Luft wurde ausschliesslich durch die mit besonderen Wattefiltern versehene centrale Ventilationsanlage des Instituts besorgt. Durch diese Maassnahmen konnten wir die Luft des Laboratoriums fast keimfrei erhalten, wie mehrfach vorgenommene Prüfungen zeigten. In dem Laboratorim habe ich an geeigneter Stelle einen stark gebauten Glasverschlag von 8 cbm Rauminhalt aufgestellt (Fig. 1). Dieser Glasverschlag, dessen Boden und Seitenwände bis zur Brüstungshöhe aus Eisenplatten besteht, der übrigens mit Doppelglas verglaste Eisenkonstruction aufweist, kann hermetisch abgeschlossen werden und erhält seine Luft aus dem Laboratorium filtrirt durch doppelte Watteschichten, deren jede mittels gespannten Mullstoffs in der vertikalen Lage gehalten wird. Die Zufuhr dieser Luft findet durch eine 25 cm im Geviert haltende ofenrohrartige Oeffnung statt, welche an einer vorderen unteren Ecke sich befindet. Die Abfuhr der gebrauchten Luft befindet sich an der in der Diagonale des Verschlages gegenüberliegenden Ecke. Diese Ventilationsrohre sind mit dem Verschlage luftdicht

verbunden und setzen sich 30 cm weit in das Innere des Apparates fort. Vor der äusseren — nach dem Laboratorium liegenden — und vor der inneren Oeffnung der Ventilationsrohre — also im Apparat liegend — sind die bezeichneten Wattefilter angebracht, selbstverständlich nach den Seiten und Ecken dicht abschliessend.

Fig. 1.

In den Glasverschlag gelangt man durch einen Vorraum, welcher — in der Construction des Verschlages hergestellt — so gross ist, dass ein Mensch bequem darin stehen und sich umdrehen kann. Der Vorraum ist mit dem Glasverschlag luftdicht verbunden und kann durch eine ebenfalls fest schliessende Thür von 0,45 m Breite und 1,50 m Höhe betreten werden. Gegenüber dieser äusseren Thür befindet sich die in das Innere des Verschlages führende zweite innere Thür, so dass Jeder, der in den Apparat gelangen will, zuerst in den Vorraum kommt, dann

die Thüre hinter sich schliesst, darauf die zweite in den Verschlag führende Thür öffnet und sich nun erst in dem Versuchsraum befindet.

Die Maasse des hier beschriebenen Apparates sind folgende:

1. Für den grossen Glasverschlag:
   hoch: 2,50 m,
   breit: 2,50
   tief: 1,40 »
   Rauminhalt: 8,95 cbm.
   Bodenfläche: 3,50 qm.
2. Für den Vorraum:
   hoch: 2,00 m,
   breit: 0,50 »
   tief: 0,50 «
   Rauminhalt: 0,5 cbm.
   Bodenfläche: 0,25 qm.
3. Für den Brutkäfig:
   hoch: 0,50 m,
   breit: 0,60 »
   tief: 0,50 »
   Rauminhalt: 0,17 cbm.
   Bodenfläche: 0,3 qm.

Das Innere des Versuchsraums enthält zwei in Tischhöhe angebrachte dicke Spiegelglasplatten von 50 cm Breite: an jeder Schmalseite des Raumes eine, in der ganzen Breite des Raumes (Fig. 2). Die eine dieser Platten dient als Tisch für die im Innern vorzunehmenden Operationen, auf der anderen steht der aus verzinntem Blech und Glas hergestellte Brutkäfig, welcher zur Aufnahme der Eier und zum Aufenthalt der ausgeschlüpften Hühnchen dient. Der Boden dieses Brutkäfigs ist bis zu einer Höhe von 15 cm hohl und enthält die zur Erwärmung dienende Flüssigkeit (5 proc. Lysollösung). Die Seitenwände und das Dach bestehen aus Glas mit aussen vorliegenden verschiebbaren Asbestplatten, ähnlich wie solche Doppelwände an den Thüren der gebräuchlichen Thermostaten angebracht sind. Die äusseren Asbest-

Digitized by Google

platten sollen einmal die Innentemperatur gleichmässig erhalten und dienen überdies zur Regulirung der Lichtmenge, welche den jungen Hühnchen je nach Bedürfnis in wechselndem Maasse zu Theil werden muss.[1])

Man erwärmt diesen Brutkäfig durch eine aussen am Verschlage — also im Laboratorium — befindliche Warmwasserheizung (5 proc. Lysollösung enthaltend), welche durch zwei

Fig. 2.

in das Bodenreservoir des Brutkäfigs führende, luftdicht in der Wand des Verschlages abgedichtete Rohre mit dem Doppelboden des Brutkastens verbunden ist.

Die vordere Wand des Brutraumes ist nur in ihrer unteren Hälfte durch eine bewegliche Glasplatte abgeschlossen, während die obere Hälfte mit einem feinen Musselin-Filter überspannt ist. Durch dieses Filter findet der Luftaustausch vom Inneren des Brutkäfigs in den Glasverschlag statt.

1) Römer, Nutz- und Geflügelzucht, Stuttgart 1892.

Die innere Einrichtung des Brutkastens besteht aus zwei flachen, 4 cm hohen, aus verzinntem Blech angefertigten quadratischen Schalen von 15 cm Seitenfläche; in der einen dieser Schalen liegt Asbest und dient als Unterlage für die Bruteier, später als Nest für die Hühnchen. In der zweiten Schale steht in einem flachen Glasteller das Wassergefäss in Form einer umgestürzten 3 l haltenden Flasche, welche in einem Dreifuss hängt, der gerade in drei der Ecken des Blechgefässes hineinpasst. Aus dieser Flasche fliesst durch eine entsprechend befestigte Glasröhre das Wasser bis zum constanten Niveau in den flachen Glasteller.

Sämmtliche Gegenstände können also in strömendem Wasserdampf sterilisirt werden, ohne dass sie darunter leiden; dasselbe gilt für die Alkoholthermometer, von denen eines von der Decke des Brutkäfigs bis in die mittlere Höhe desselben hineinhängt, das andere mit der Kugel den Boden des Brutraumes berührt und die Temperatur anzeigt, denen die Eier an der Berührungsstelle mit dem Boden ausgesetzt sind. Das dritte Thermometer taucht ausserhalb des Brutraumes mit seiner Kugel an einer vorspringenden Ecke des Brutkäfig-Bodens in die Flüssigkeit der Warmwasserheizung und zeigt die mittlere Temperatur des Wassers (5proc. Lysollösung) an. Dieses Thermometer gab die Veranlassung, dass wir das Wasser der Heizung durch eine Desinfectionsflüssigkeit ersetzen mussten: denn trotz gründlicher Desinfection der in Frage kommenden Theile, waren eines Tages aus dem Wasser an dem Thermometer hinauf Spaltpilze gewachsen und hatten das Ergebnis eines fast abgeschlossenen Versuches zerstört.

Statt der Quecksilberthermometer wurden mit rothem Alkohol gefüllte Thermometer genommen, weil man die Temperaturen ausserhalb des Verschlages mittels eines Feldstechers ablesen muss und die Quecksilbersäule durch die Reflexe der Glasschichten weniger gut zu erkennen ist.

Die Blechschale mit dem Asbest und jene mit dem Wasser werden in die beiden nach hinten gelegenen Ecken des Brutkastens geschoben und nehmen jede 225 qcm von der 3000 qcm

Digitized by Google

betragenden Grundfläche des Brutkastens ein. Uebrigens ist der ganze Boden bedeckt mit einer 1 cm hohen Schicht feinen, gewaschenen und mehrfach ausgeglühten Rheinkies, untermischt mit ebenfalls ausgeglühten, zerstossenen Eierschalen und Sand. Das Futter, bestehend aus Hirse und gehacktem Eiweiss, haben wir bei einem Theil der Versuche direct mit dem Kies (halb und halb) gemischt, später aber auf einen Haufen möglichst weit vom Wasser entfernt aufgeschüttet, in einer Quantität, dass dieselbe für die Zeit des ganzen Versuches ausreichte.

Die beiden viereckigen Blechkästen haben wir eingeführt, um es zu vermeiden, dass die ganz jungen Hühnchen am 1. und 2. Tage in die flache Wasserschale hineinfallen. Da an den beiden ersten Tagen des Versuches die Temperatur noch ziemlich hoch (39,5—40°) gehalten werden muss, wegen der übrigen noch nicht ausgeschlüpften Eier, so sind die von mehreren Eiern *zuerst* ausgeschlüpften Hühnchen sehr unruhig, laufen stets nur einige Schritte und legen sich dann — oft wie todt — auf den Kies. Bald wird ihnen der Boden offenbar zu warm, sie springen wieder auf, um 10—20 cm vom ersten Platze wieder zusammenzufallen. Dabei kommen sie dann oft in die Nähe der Wasserschale, in welche sie leicht hineinfallen, wenn dieselbe nicht durch den 4 cm hohen Rand der Blechschale geschützt ist. Wenn die Hühnchen so alt sind, dass sie thatsächlich Wasser nöthig haben, sind sie auch stark genug, um den Blechrand zu überspringen und damit an die Wasserschale zu gelangen. Von dieser Zeit an hat dann der Blechrand den Zweck, das Hineinscharren von Futter, Sand, Kies etc. in die Wasserschale zu vermeiden. Die Hühnchen springen dann auch gern in die Wasserschale hinein und scharren und spritzen das Wasser heraus. Damit wird dann zuweilen das bis zur Höhe des Wasserniveaus reichende Zuflussrohr verstopft und ausserdem der übrige Brutkäfig befeuchtet. Letzteres ist aber nicht nur für das Wohlbefinden der Hühnchen schädlich, sondern es hat auch noch den Nachtheil, dass, *wenn* trotz alledem noch irgendwo ein lebensfähiger Keim im Apparat vorhanden sein sollte, dieser durch das Bespritzen mit Wasser zur Vermehrung kommt,

Digitized by Google

während man sonst erwarten darf, dass ein trocken fixirter Keim mit viel geringerer Wahrscheinlichkeit das Versuchsergebnis stören kann.

Unter allen Umständen ist, wie schon von Nutall und Thierfelder sehr richtig hervorgehoben wurde, die absolute Trockenheit des Versuchsraumes zu wahren. Sollte wirklich auf der Schalenhaut des ausgeschlüpften Eies ein im Oviduct erfolgter Einschluss eines Keimes erfolgt sein, so wird dieser im trockenen Zustand mit der Eierschale aus dem Apparat entfernt; kann aber zur Vermehrung kommen, wenn durch das Wasserscharren der älteren Hühnchen ihm die nöthige Wassermenge angespritzt wird.

Das Wachsen solcher — supponirten — Keime im Innern des Eies während der Brutperiode ist dann ausgeschlossen, wenn das Ei zur physiologischen Ausbildung d. h. zur Entwicklung eines lebendigen Hühnchens gelangt: die Schalenhaut ist dann stets steril, wie solches zahlreiche hier vorliegende Präparate ausweisen. Möglich ist es übrigens schon, dass ein Theil unserer unvollkommen entwickelten und nicht zum Ausschlupfen gelangten Eier durch Pilzinfection abgestorben ist. Systematische Untersuchungen über die Gründe des Absterbens der Eier während der Brutperiode haben wir bisher nicht angestellt, aber daraus, dass in zahlreichen Fällen im Innern des Eies sich ein halb entwickeltes, äusserst übel riechendes Hühnchen befand, kann man wohl die Aetiologie erschliessen. Ein anderer Theil war allerdings völlig geruchlos und entsprach mehr dem, was man in der menschlichen Pathologie wenig bezeichnender Weise »todtfaul« nennt; endlich war aber auch ein Rest der nicht ausgeschlüpften Eier offenbar gar nicht befruchtet.

Sämmtliche in dem Brutraum befindlichen Materialien (Asbest, Wasser, Sand, Kies, Hirse, Eierschalen, Eiweiss) wurden in eigenen Gefässen einzeln vor der Benutzung gründlich sterilisirt, auf den Erfolg der Sterilisation in Nährgelatine geprüft, dann — da man die Gefässe zum Zweck der Prüfung öffnen musste — nochmals sterilisirt und nun erst in den Glasverschlag und demnächst in den Brutraum eingebracht, woselbst

Digitized by Google

sofort eine zweite Controlprüfung jedes einzelnen Materials mittels Nährgelatine in Reagenzgläschen ausgeführt wurde.

Vor jedem Versuch wurde der ganze Glasverschlag, sowie der Brutkäfig mit Sublimatlösung sorgfältig innen und aussen abgewaschen; soweit es sich um die Löthstellen und Falze des Brutkäfigs und um die Thürschlösser und Angeln des Glasverschlages handelte, benutzten wir 10proc. Lysollösung.

Wenn in dieser Weise die Sterilisirung des ganzen Versuchsfeldes garantirt war, dann wurde eine nochmalige Desinfection mit Formaldehyd — pro Cubikmeter 4 g gerechnet bei 48 stündiger Einwirkung — dem Experiment vorausgeschickt und die Eier theils in das Asbestnest, anderntheils direct auf den Kies unter folgenden Vorsichtsmaassregeln eingelegt:

Im Laboratorium ist neben dem Glasverschlag ein grosser Rohrbeck'scher Desinfectionsapparat für strömenden Wasserdampf zur Desinfection grösserer Gebrauchsgegenstände aufgestellt, dessen Dampfrohre in die Digestorien ausmünden, um die Zimmerluft nicht mit dem überschüssigen Wasserdampf zu belasten. In diesem Apparat lässt sich der strömende Dampf durch zwei festschliessende Blechdeckel auf 100° erhitzen und Controlversuche haben gezeigt, dass Kleidungsstücke nach einstündiger Desinfection keimfrei gemacht werden.

Das Betreten unseres Glasverschlages durfte nun nicht in gewöhnlicher Kleidung geschehen, sondern ich habe zwei Anzüge — nach Art der Taucher-Anzüge — aus segeltuchartigem Drill anfertigen lassen, einen für den Diener und einen für mich selbst. Die Anzüge sind auch unter den Sohlen geschlossen, so dass die Stiefel ganz eingehüllt sind, und umschliessen sonst den ganzen Körper derart, dass nur für die Augen und für die Nase eine entsprechend grosse Oeffnung vorhanden ist. Die Anzüge sind aus zwei Stücken gearbeitet, ein Theil hosenartig für die untere Körperhälfte, der andere mit Kapuze versehen für die obere Körperhälfte. Diese Jacke hängt 20 cm über den unteren Theil und wird mittels eines Leinwandgürtels um die Taille festgeschnallt. An den Handgelenken schliessen die Aermel fest an und werden überdies durch Gummihandschuhe um etwa

6 cm überragt. Ebenso wurden sterilisirte Gummischuhe über die in dem Anzuge steckenden Füsse gezogen.

Unmittelbar vor der Benutzung wird der Anzug aus dem Desinfections-Apparat gezogen, heiss dampfend übergestreift, die Gummihandschuhe aus dem Sublimat genommen, angezogen, ebenso die Gummischuhe: und nun kann der Glas-Verschlag betreten werden. In dem »Vorraum« steht auf dem Boden ein flaches viereckiges Becken — eine grosse Photographen-Japan-Schale — bis zu 2 cm Höhe mit 0,5 proc. Sublimatlösung gefüllt, in diese muss man hineintreten, bevor man in den eigentlichen Operationsraum gelangen kann, denn die Japanschale füllt den ganzen Boden des Vorraums aus.

Gewöhnlich haben wir einige Minuten Aufenthalt im Vorraum genommen und die durch das Oeffnen der äusseren Thür bewirkte Luftbewegung erst vollständig ablaufen zu lassen, bevor die innere Thür geöffnet und der Operationsraum betreten wurde.

Der Zutritt überhaupt geschieht nur 1. zu Beginn eines Experiments, 2. zum Entfernen der Schalen der ausgeschlüpften Hühnchen, resp. der nicht zum Ausschlüpfen gekommenen Eier und endlich 3. beim Abschluss eines Versuches. Sowohl Nahrung als Wasser kann bei dem von uns benutzten Verfahren für die ganze Dauer eines mehrwöchentlichen Versuchs im Brutraum aufgestapelt werden; die Temperaturen kann man mittels eines Fernrohrs von aussen ablesen und danach die Heizung reguliren ohne den Glas-Verschlag betreten zu müssen und die ausgeschlüpften Hühnchen sorgen unter den angegebenen Vorrichtungen für sich selbst und befinden sich unter übrigens durchaus naturgemässen Bedingungen.

Die vollständige Trockenheit des ganzen Apparates hat zwar den grossen Nachtheil, dass ein hoher Procentsatz der ausschlüpfenden Hühnchen nach dem Anpicken und theilweisen Abfall der Eierschale mit den Federn an der Schalenhaut kleben bleiben, sich nicht frei machen kann und zu Grunde geht. Wir mussten im Interesse der Reinheit des Versuchs, und um ein nicht absolut nothwendiges Betreten des Operationsraumes zu

Digitized by Google

vermeiden, solche Hühnchen oft nach zweitägigem vergeblichen Kampf eingehen sehen. Nur wenn zur Fortnahme der Schalen ausgeschlüpfter Hühnchen der Glas-Verschlag betreten wurde, dann konnte man den festgeklebten Thierchen helfen, denn zum Herausnehmen der Schalen musste der Apparat betreten werden, weil zur Gewichtsbestimmung der Hühnchen die Schalen gewogen werden und weil, wenn dieselben nicht sehr bald nach dem Ausschlüpfen geholt wurden, die zu dem betreffenden Hühnchen gehörigen Schalen nicht mehr identificirt werden konnten.

Jedes Mal wurde beim Betreten des Apparates — natürlich im Glas-Verschlag selbst — eine Anzahl Röhrchen mit verflüssigter Gelatine benützt, um von allen im Apparat und im Brutraum befindlichen Materialien Proben in die verflüssigte Gelatine zu befördern zur Controle: ob die Sterilität des ganzen Versuchs noch gewahrt sei. Wir haben so nach und nach eine sehr grosse Menge von sterilen Proben: Kies, Eierschalen, Sand, Hirse, Wasser, Koth, Federchen etc. gewonnen. Stets bleiben bei den richtig durchgeführten Versuchen diese Proben steril, die Gelatine fest und klar. Auch bei dem Koth bleibt die Gelatine klar und während der ersten 4—8 Tage auch fest, wird aber später — wohl durch die in der Dejection vorhandenen Verdauungssäfte — allmählig aufgelöst und in eine klare leicht grünliche Bouillon umgewandelt. Natürlich wurden speciell diese Kothröhrchen eingehend bacteriologisch untersucht, ohne dass jemals aërobe oder anaërobe Bacterien bei den erfolgreich durchgeführten Versuchen sich vorgefunden hätten.

Von solchem Erfolg war allerdings durchaus nicht jeder Versuch begleitet: Die Eier, welche jeweils in Sätzen von 12 bis 18 Stück in den Grünhalde'schen Brutapparat eingelegt und dort 19—20 Tage lang bebrütet waren, wurden zum Versuch in drei Abtheilungen getheilt. Ein Drittel liessen wir zur Controle im Brutapparat ausschlüpfen, um die Gewichtsbestimmungen an ganz gleichartigen, in gewöhnlicher Weise ernährten Hühnchen vornehmen zu können. Von den anderen zwei Dritteln wurde die Hälfte — nachdem sämmtliche Eier desinficirt und sterilisirt

waren — zur Controle der thatsächlich gelungenen Desinfection in Gelatine eingelegt, das letzte Drittel aber in den Versuchs-Brutraum verbracht. Da nun schon auf Grund der Durchleuchtung mit dem Eierspiegel ein Theil der Eier als unbefruchtet ausgeschieden werden musste, ein anderer Theil als in der Entwicklung stehen geblieben, nicht benutzt werden konnte und endlich bei der trotz grösster Vorsicht doch immerhin sehr eingreifenden Sublimat-Behandlung ein weiterer Procentsatz verloren ging, so kamen gewöhnlich nur 2—4, selten mehr Eier gleichzeitig zum eigentlichen Experiment. Auch von diesen kamen nicht alle zum Ausschlüpfen, sondern blieben theils unverändert, theils angepickt liegen. Man sieht, dass zu solchen Versuchen stets eine möglichst grosse Anzahl von Eiern gleichzeitig behandelt werden muss, wenn man zu positiven Ergebnissen gelangen will. Ein Mal, am 7. Juni, hatten wir allerdings das grosse Glück, gleichzeitig sechs Stück kräftige, gesund ausgeschlüpfte Hühnchen im Apparat zu haben. Leider hielt sich die Sterilität aber nur bis zum 10. Tage, da ich, um die Thiere zu vertheilen, am 8. Tage einen zweiten Käfig — ein Vogelbauer — in den Glasverschlag gebracht hatte, welcher nicht steril war. Dagegen haben wir bei einem Versuch am 1. Juli von Controleiern und Controlhühnchen ganz Abstand genommen, weil die betreffenden Control-Curven bereits genügend ausgearbeitet waren und die Sterilisirung der Eier nach der angegebenen Methode fest stand. Von den jenes Mal in den Versuchsraum eingebrachten 20 Stück Eiern sind nur zwei Hühnchen ausgeschlüpft: Die natürliche Brutperiode ist eben Anfang Juli abgelaufen und der Procentsatz der nicht vollkräftig befruchteten Eier wird immer grösser. Daher sollten auch derartige Versuche nur während der Monate Februar bis Mai angestellt werden.[1])

1) Ich kann es an dieser Stelle nicht unterlassen der Mithülfe meines I. Institutsdieners, A. Eckerle, dankbar Erwähnung zu thun; ohne die unermüdliche Pflichttreue, mit welcher derselbe sich der mühevollsten, technischen Arbeiten unterzogen hat, wäre mir die Durchführung dieser Versuche nicht möglich gewesen.

Nach Abschluss eines Versuches wurde das betreffende Hühnchen an dem Tage, an welchem es nach dem aufgestellten Plane benutzt werden sollte, folgendermaassen behandelt:

1. Ein cylindrisches Standglas ca. 5 cm hoch mit steriler, erstarrter Nährgelatine gefüllt, mit Wattepfropf und überhängendem Glasdeckel gut verschlossen, wurde genau gewogen.
2. Ein Glaskolben, ca. 500 ccm haltend, mit steriler flüssiger Nährgelatine gefüllt, gut verschlossen mit Wattepfropf und überhängendem Glasdeckel wurde ebenfalls genau gewogen.
3. Ein weites cylindrisches dickwandiges Glas-Gefäss mit Eisstückchen und Salz gefüllt, wird mit 0,5proc. Sublimatlösung bis zu $^2/_3$ seines Inhaltes vollgegossen und aussen mit Sublimatlösung gut abgewaschen.

Mit diesen drei Gegenständen wird im Taucheranzug, mit sterilen Gummihandschuhen versehen, der Glasverschlag betreten.

Das Standgefäss mit erstarrter Nährgelatine steht im Sublimateis, der Kolben mit flüssiger Nährgelatine ist bis auf etwa 35° abgekühlt, so dass die Gelatine noch eben gut flüssig ist.

Nun wird das Hühnchen mit den in steriler physiologischer Kochsalzlösung abgewaschenen und mit steriler Baumwolle getrockneten Gummihandschuhen ergriffen, in das Standgefäss auf die erstarrte, eiskalte Gelatine gesetzt und bis zur Bauchhöhe mit flüssiger Gelatine eingegossen. Die Hühnchen sind bis zum 8.—10. Tage recht kräftig und reissen sich immer wieder los, wenn die Gelatine nicht sehr schnell erstarrt. Ist das nun geschehen und das Hühnchen fixirt, dann wird es bis zu 5 cm über Kopfhöhe mit dem Rest der flüssigen Nährgelatine überschichtet. Das Thier macht noch einige Bewegungen, ist aber sehr bald nach weniger als einer Minute todt.

Später haben wir die Hühnchen nicht lebendig eingeschmolzen, sondern durch einen Druck mit Zeigefinger und Daumen auf den Hals, dicht hinter dem Kopf, vor dem Einbetten in Gelatine getödtet.

Digitized by Google

Nun wird — ausserhalb des Apparates — das Standgefäss mit dem Hühnchen gewogen, ebenso der ganz oder theilweise leere Kolben mit flüssiger Gelatine, das Gewicht des letzteren, sowie das der früher schon entnommenen Eierschale in Abzug gebracht und man erhält so das Gewicht des Hühnchens. Durch das Abwiegen jeden Eies vor dem Brüten und am Schluss der Brutperiode haben wir ausserdem nach Abzug des Gewichts der Eierschale das Anfangsgewicht des Hühnchens und können so die Gewichtszunahme bezw. Abnahme von Tag zu Tag bestimmen.

Als zahlenmässige Beispiele des Ablaufs einiger Versuche mögen folgende Ziffern dienen:

1. Hühnchen 4 Tage alt am 12. Mai 1898. Steril.

Gewicht des Eies vor dem Brüten	57,0 g
Gewicht des Eies nach dem Brüten . . .	46,8 »
Gewicht der Eierschale	7,1 »
Daher Gewicht des Hühnchens beim Ausschlüpfen	**39,7** g.
Gewicht des Standglases mit Gelatine . . .	330,4 g
Gewicht des Kolbens mit Gelatine	560,5 »
	890,9 g
Gewicht des ausgeleerten Kolbens	—98,0 g
	792,9 g
Gewicht des Standglases mit dem in Gelatine eingeschmolzenen Hühnchen	830,0 g.
Daher Gewicht des Hühnchens am 4. Tage	**37,1** g.
Gewichtsverlust 2,6 g.	

2. Hühnchen 10 Tage alt am 17. Juni 1898. Steril.

Gewicht des Eies vor dem Brüten	56,0 g
Gewicht des Eies nach dem Brüten . . .	45,6 »
Gewicht der Eierschale	5,5 »
Daher Gewicht des Hühnchens beim Ausschlüpfen	**40,1** g.
Gewicht des Standglases mit Gelatine . .	358 g
Gewicht des Kolbens mit Gelatine	550 »
	908 g
Gewicht des ausgeleerten Kolbens	— 84 »
	824 g.
Gewicht des Standglases mit dem in Gelatine eingeschmolzenen Hühnchen	871,4 g.
Daher Gewicht des Hühnchens am 10. Tage	**47,4** g.
Gewichtszunahme 7,3 g.	

Digitized by Google

3. Hühnchen 17 Tage alt am 18. Juli 1898. Steril.

Gewicht des Eies vor dem Brüten	53 g
Gewicht des Eies nach dem Brüten . . .	42,8 »
Gewicht der Eierschale	6,3 »
Daher Gewicht beim Ausschlüpfen 36,5 g.	
Gewicht des Standglases mit Gelatine . .	346 g
Gewicht des Kolbens mit Gelatine	572 »
	918 g
Gewicht des ausgeleerten Kolbens	— 87 »
	831 g.
Gewicht des Standglases mit dem in Gelatine eingeschmolzenen Hühnchen	861 g.
Daher Gewicht des Hühnchens am 17. Tage 30,0 g.	
Gewichtsverlust 6,5 g.	

Ich werde weiter unten auf die schon jetzt als verbesserungsbedürftig erkannten Mängel der Methode zurückkommen und möchte hier nur erwähnen, dass zur Prüfung auf Sterilität der eingelegten Hühnchen rücksichtlich anaërober Bacterien mehrfach ein Hühnchen im Apparat zerstückelt und entsprechend culturell behandelt wurde. Da bei den schon durch äussere Controlen, namentlich durch die Koth-Untersuchung als gelungen erkannten Versuchen niemals ein Wachsthum anaërober Bacterien zu verzeichnen war, so lässt sich nicht annehmen, dass in den noch bis jetzt steril in der Gelatine eingebetteten Hühnchen lebensfähige Keime im Innern des Darmrohres vorhanden seien. Von solchen steril in Nährgelatine eingebetteten Hühnchen wurde eine Serie von zehn Stück in aufeinander folgenden Intervallen bis zum 17. Lebenstage gelegentlich des XIX. Oberrheinischen Aerztetages am 21. Juli d. J. demonstrirt; von diesen Präparaten war das älteste 3 Monate, das jüngste 4 Tage alt (Fig. 3)[1]). Ebenso wurde eine Serie steril in Gelatine eingebetteter Eier vorgelegt, von denen die ältesten 8 Monat alt waren.

Die Controlhühnchen wurden alle drei Tage gewogen und zwar in der Weise, dass das betreffende Hühnchen in ein cylindrisches Standgefäss, welches vorher abgewogen war, hineingesetzt, gewogen und durch Abziehen des Gewichts des Standgefässes bestimmt wurde. Dejectionen, welche während des

1) Sämmtliche Präparate haben sich bis heute: 11. XII 98 steril erhalten.

Wiegens in das Standgefäss deponirt wurden, wurden dem Gewicht des Hühnchens zugerechnet.

Dadurch, dass diese normal ernährten Controlhühnchen nicht

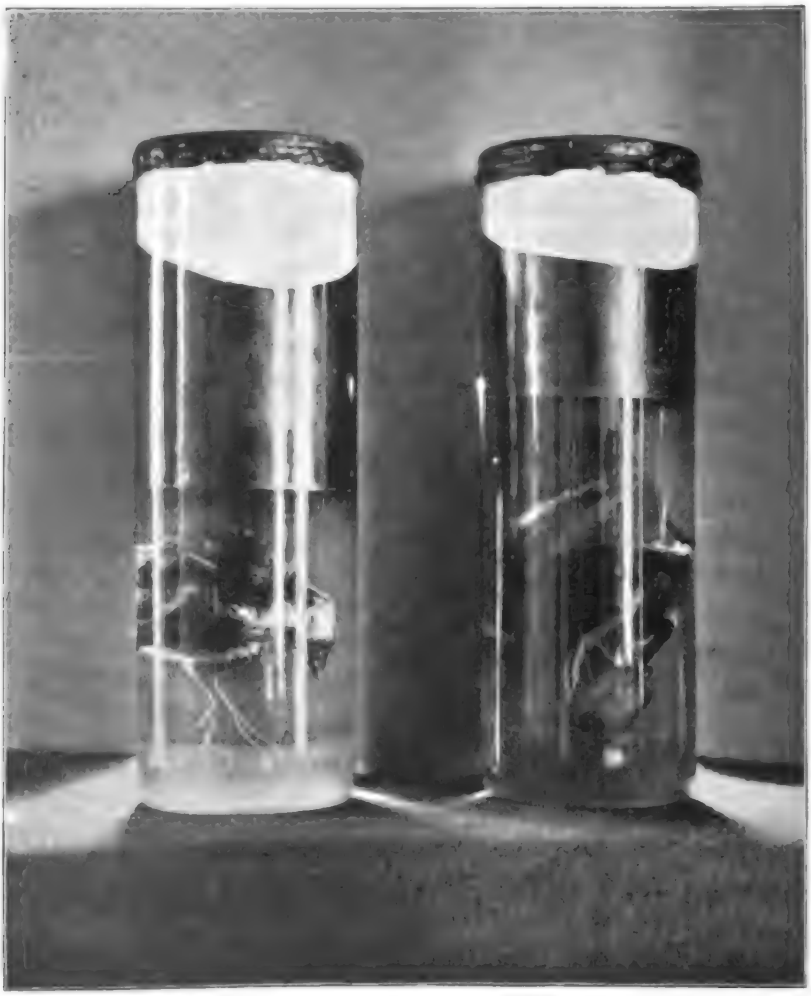


Fig. 3.

getödtet zu werden brauchten, sondern nach dem Wiegen wieder in Freiheit gesetzt wurden, ist die Ernährungscurve derselben eine genauere und konnte ausserdem aus einem grösseren Material gewonnen werden. Selbstverständlich wurden die Controlhühn-

Digitized by Google

chen übrigens unter ganz den gleichen Lebensbedingungen gehalten und wurden genau ebenso ernährt wie die Versuchsthiere.

Nach den von meinem Assistenten Dr. O. Korn angestellten Untersuchungen ist das Verhalten der Dejection normal ernährter Hühnchen bacteriologisch Folgendes:

»In den ersten 2 bis 3 Dejectionen sind weder mikroskopisch, noch durch Cultur irgendwelche Spaltpilze nachweisbar. Vom Ende des zweiten Tages an, ca. 36—40 Stunden, nachdem die erste Nahrungsaufnahme stattgefunden hat, beginnen in den Dejectionen vereinzelte Bacillen einer zur Gruppe der sog. Colon-Bacillen gehörigen Bacterienart aufzutreten, die in den nächsten Tagen quantitativ zu-, in einigen Fällen auch wieder abnehmen. Daneben werden vom 3. bis 4. Tage an Coccen, theils einzelne, theils zu Diplococcen gelagert und unverdaute Reste pflanzlicher Nahrung (Hirse) sichtbar. Nach etwa 3 Wochen ist das mikroskopische Bild des Ausstrichspräparates von dem entsprechenden eines alten Huhnes in Nichts mehr zu unterscheiden.

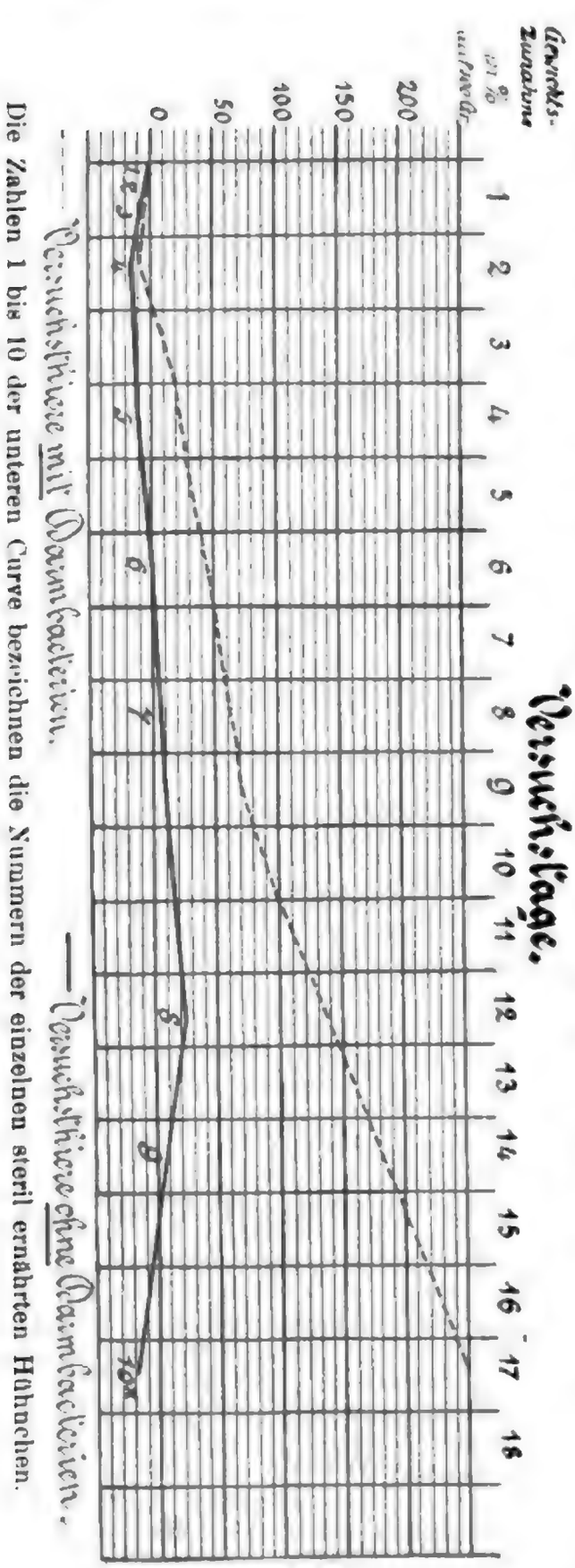
Was die Arten der später — vom 6. bis 10. Tage — isolirten Mikroorganismen anbelangt, so treten auch hier Verhältnisse und Eigenthümlichkeiten zu Tage, wie sie bei Untersuchung menschlicher Fäces beobachtet werden: Gegenüber dem mikroskopischen Bild ist die Zahl der nach den bekannten Methoden auf Nährböden wachsenden Spaltpilze äusserst gering. Von einigen Hefe- und Schimmelpilzen abgesehen, findet man in der Hauptsache Bacterien, die, zur Coligruppe gehörend, in allen wesentlichen Punkten mit dem Bacillus coli communis übereinstimmen und die nur durch wenige nebensächliche Merkmale — schwächeres Kartoffelwachsthum, särkeres Wachsthum im Gelatinestich — sich unterscheiden.

Seltener konnten isolirt werden:

Bact. punctatum (Zimm.),
Bac. mesentericus (Flügge),
Microc. candicans.

Durch Anlage anaërober Rollplatten und durch das Ueberschichtungsverfahren liessen sich anaërobe Arten nicht erzielen.

Digitized by Google



Die Zahlen 1 bis 10 der unteren Curve bezeichnen die Nummern der einzelnen steril ernährten Hühnchen.

Für Meerschweinchen pathogene Keime waren in den untersuchten Fäces der Hühner nicht enthalten.«

Was nun die Ergebnisse der bisher angestellten Versuche betrifft, so kommen dieselben in der nebenstehenden Curve zum Ausdruck.

Aus diesen Ernährungscurven geht hervor, dass die in gewöhnlicher Weise ernährten Hühnchen bis zum 17. Lebenstage um durchschnittlich 250% ihres Gewichtes zugenommen hatten, in einem Fall war das Thier sogar von 41 g beim Ausschlüpfen auf 165 g, also um 302,8% gestiegen. Uebrigens ist die Gewichtszunahme je nach den Racen eine sehr verschiedene und kann zu irrigen Resultaten führen in dem Fall, dass man in dem Versuchsapparat Eier der langsam wachsenden Racen verwendet, zur Controle aber schnellwachsende Racen. Wir haben daher in letzter Zeit von der Benutzung unseres eigenen sog. Hamburger Silberlack-Stammes ganz Abstand genommen und nur die Eier der Italiener Race benutzt.

Ganz anders als die der gewöhnlich ernährten Hühnchen

nimmt sich die Curve der Versuchsthiere aus! Eine geringe Zunahme bis zum ca. 12. Tage und dann rapide Abnahme bis zu dem Tage, an welchem der Versuch abgebrochen wurde. An diesem, dem 17. Lebenstage, war das Hühnchen so schwach, dass es — obgleich es fortwährend Nahrung und Wasser zu sich nahm — kaum mehr stehen konnte und gewiss am nächsten Tage verendet wäre.

Die Curve der Versuchsthiere besteht aus Einzelwägungen verschiedener Thiere und kann daher nur einen bedingten Anspruch auf Richtigkeit machen. Es scheint mir nicht unmöglich, dass die Gewichtszunahme von 24%, welche am 12. Tage bei einem Hühnchen verzeichnet wurde, dessen Gewicht von 41,6 auf 51 g gestiegen war, besonderen Umständen ihre Entstehung verdankt; vielleicht auch (s. o.) durch Wasseraufnahme zu erklären ist, und dass sich möglicher Weise eine richtigere Curve dauernd unter dem Nullpunkt hält und gar keine Gewichtszunahme verzeichnet.

Jedenfalls zeigen die vorstehenden Versuche, dass eine Ernährung ohne Bacterien in einer für das Leben genügenden Weise bei Hühnchen nicht stattfindet.

Dabei erkenne ich sehr wohl an, dass aus diesen hier vorliegenden Versuchen kein abschliessendes Urtheil gewonnen werden kann, sondern dass dieselben eigentlich erst den experimentellen Anfang zur Förderung der Hauptfrage bilden. Aber die Methode zur Lösung der Aufgabe scheint mir hiermit insofern gefunden zu sein, als festgestellt ist, 1. dass das Hühnerei zu diesen Versuchen verwendet werden kann und 2. dass es bis zum 17. Lebenstage gelingt, unter übrigens der Natur ganz entsprechenden Bedingungen die Hühnchen am Leben zu erhalten.

Die Mängel der Methode und die Lücken in den Ergebnissen liegen namentlich darin, dass nicht ein Säugethier, sondern ein Vogel dem Versuche zu Grunde gelegt ist und dass nicht an den gleichen Individuen fortlaufend die Wägungen vorgenommen wurden, sondern dass das Hühnchen jeweils vor der Vornahme der Gewichtsbestimmung getödtet wurde. Es geschah dies, wie gesagt, im Interesse der objectiven, dauernden Controle

der Sterilität, kann aber gewiss bei weiteren Versuchen theilweise in Fortfall kommen dann, wenn man stets eine so grosse Zahl steril ernährter Hühnchen züchtet, dass ein Theil zur Gewichtsbestimmung, der andere zur Sterilitäts-Controle verwendet wird. Überhaupt können erst noch viel grössere Zahlenreihen die durchschnittlich richtigen Werthe für die Verschiedenheit der gewöhnlichen und der sterilen Ernährungsweise lehren. Ich muss aber gestehen, dass ich eine länger dauernde und eine grössere Gewichtszunahme der steril ernährten Thiere erwartet hatte und im äussersten Falle sogar die Anforderung gestellt haben würde, die Thiere bis zu ihrer vollständigen Entwicklung, also bis zur ausgebildeten Geschlechtsreife ohne Mitwirkung der Darmbacterien zu ernähren, bevor ich mich hätte entschliessen können, von der Nothwendigkeit der Darmbacterien für die Ernährung abzusehen. Nun sind ja — und das ist wiederum eine Lücke in den vorliegenden Versuchs-Ergebnissen — die Versuche in keinem Fall bis zum spontanen Absterben der Versuchsthiere durchgeführt, aber vom 12. Tage an geht die Ernährungscurve so augenscheinlich herunter und am 17. Tage war ein Thier so schwach, dass ich fast schon jetzt annehmen möchte, zwischen dem 15. und dem 20. Tage läge die Grenze, bis zu welcher man Hühnchen ohne Bacterien am Leben erhalten kann. Der letzte Versuch wurde nicht weiter fortgesetzt, weil ich mir vorgenommen hatte, vom 2., also vom Tage der physiologischen Gewichtszunahme an, zunächst in Intervallen von 4 zu 4 Tagen die Wägungen anzustellen. Wir haben schon Hühnchen vom 20. und sogar vom 28. Tage gehabt; aber diese waren dann — wie die Controle zeigte — nicht steril! Durch solche Erfahrungen belehrt, haben wir uns dann beschränkt und viel Material auf die fortlaufende Controle der Sterilität verwendet, wodurch Versuchsthiere consumirt wurden, welche dann für die Fortführung des Experimentes in Abzug kamen. Endlich liegt eine Lücke der Versuchsergebnisse in dem Mangel der chemischen Untersuchungen.

Den grossen Werth der Nutall-Thierfelder'schen Experimente erkenne ich gerade darin, dass diese Autoren die

Digitized by Google

Einnahmen und die Ausgaben des thierischen Körpers, bei Vorhandensein und unter Ausschluss der Bacterien vom chemischen Standpunkte aus erforscht haben. Wenn man diese chemische Seite der Untersuchung mit der bacteriologischen verbinden würde, so wäre das zweifellos das Wünschenswertheste und das wird früher oder später gewiss auch geschehen.

Mir kam es zunächst darauf an festzustellen, dass man bei der Ernährung mit dem Vorhandensein und mit der Thätigkeit der Darmbacterien als mit einer Nothwendigkeit principiell rechnen muss. Dieser Nachweis ist durch den Ausfall der beschriebenen Versuche als erbracht zu betrachten; ich werde es mir aber angelegen sein lassen, durch Beibringung weiteren Materials die Thatsache noch ferner zu erhärten, und es sollte mich freuen, wenn meine Versuche Veranlassung geben sollten, dass auch von anderer Seite die bedeutungsvolle Frage nach den besondern Aufgaben der Darmbacterien für die Ernährung unter Anwendung der hier beschriebenen Methode gefördert würde. Die Vorzüge dieser Methode liegen darin, dass

1. die Versuchsthiere unter äusseren Verhältnissen gehalten werden, welche den natürlichen Lebensbedingungen durchaus entsprechen; dass
2. eine dauernde, jederzeit objectiv nachweisbare Controle des Hauptpunktes — der vorhandenen Sterilität — durchgeführt werden kann; und dass
3. Modificationen in der Anordnung der Versuche: Wechsel der Ernährungsweise und dergl. ohne Aenderung des Gesammt-Apparates vorgenommen werden können.

Darnach darf man erwarten, dass auch die weiteren von Pasteur angeregten Fragen über die Bedeutung des Einflusses einzelner biologisch genau bekannter Spaltpilz-Arten für die Ernährung ihrer Lösung näher gerückt werden, und dass schliesslich auch praktische Schlussfolgerungen für die menschliche Gesundheitslehre aus diesen Untersuchungen gezogen werden können.

Kostordnung in den italienischen Krankenhäusern.

Untersuchungen

von

Prof. **Pietro Albertoni,**

In Bologna.

Die Ernährung des Kranken sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Beziehung hat seit den ältesten Zeiten die Aufmerksamkeit der Aerzte wach gehalten, die in der Diätetik berechtigter Weise einer der wichtigsten Grundpfeiler der Heilung erblickten. Aber unseren Tagen war es vorbehalten, der Krankenernährung wissenschaftliche Grundsätze zu geben, hat doch erst die jüngste Vergangenheit die Kenntnisse von der Zusammensetzung der Nahrungsmittel und ihrem physiologischen Schicksal im Organismus gezeitigt.

Die Angaben, die wir bis jetzt über die Kostordnung in den Krankenhäusern im Allgemeinen und im Speciellen in den italienischen besitzen, sind spärlich und nicht durch directe Analysen gewonnen, sondern auf Grund der König'schen Tabellen über die Zusammensetzung der verschiedenen Speisen berechnet.

Der Zweck meiner vorliegenden Untersuchungen war, die in den verschiedenen Spitälern gebräuchliche Kost, und zwar so, wie sie eben den Kranken geliefert wird, direct zu analysiren. Um etwaige Unterschiede aufzufinden, habe ich die in den Krankenhäusern verschiedener Gegenden, in Nord-, Mittel- und Süditalien üblichen Speisen der Untersuchung unterworfen.

Einige Monate, nachdem ich der Akademie der Wissenschaften die Resultate meiner Analysen vorgelegt hatte, erschien ein Buch von E. und Ed. Hitzig[1]) über die Kostordnung in der psychiatrischen Klinik zu Halle.

Ospedale Civile zu Cremona.

Kostordnungen im Krankenhaus zu Cremona.

(Erwachsene.)

I. Kostordnung: Zweimal Minestra[2]), Milchkaffee mit Brod, 1/8 l Wein (insgesammt 1 Brot).

II. » Zweimal Minestra, Milchkaffee mit Brot, eine Portion Kalbfleisch, 1 Brod, 1/8 l Wein (insgesammt 2 Brote).

III. » Zweimal Minestra, eine Portion Rindfleisch, 1/8 l Wein, Milchkaffee mit Brot, 2 Brote (insgesammt 3 Brote).

IV. » Milchkaffee mit Brot, zweimal Minestra, 4 Brote, eine Portion Fleisch, 1/8 l Wein (insgesammt 5 Brote).

In Ausnahmsfällen gibt es noch eine 5. Kostordnung, die sich nur durch ein weiteres Brot von der 4. unterscheidet.

Kostmaass.

NB. Gewöhnlich wechseln Reis und Mehlspeise ab.

Reis für die Minestra ohne Brühe	100 g
» » » » mit »	85 »
Mehlspeise für die Minestra ohne Brühe . . .	100 »
» » » » mit » . . .	60 »
Gekochtes Kalbfleisch	150 »
Gebratenes Kalbfleisch	70 »

1) E. u. Ed. Hitzig, Die Kostordnung der psychiatrischen u. Nervenklinik der Universität Halle-Wittenberg. Jena 1897.

2) Die »Minestra« bildet einen wesentlichen Theil der Hauptmahlzeiten des Italieners. Sie besteht aus Reis oder einer Mehlspeise (pasta), als einer deren Repräsentanten die Maccaroni auch in Deutschland gekannt sind. Sie wird gewöhnlich in zwei verschiedenen Formen auf dem Speisezettel geführt: als »asciutta«, das heisst die gekochte, mit Butter und geriebenem Käse versetzte Mehlspeise wird ohne Zugabe einer Brühe genossen, oder »in brodo« mit Bouillon, der dann noch Grünzeug u. s. w. zugesetzt werden kann.

Digitized by Google

Rindfleisch für die III. Kostordnung	150	g
» » » IV. »	180	»
» gebraten	80	»
» mit Sauce	150	»
Huhn unpräparirt ungefähr	220—230	»
Käse für Minestra ohne Brühe	10	»
» » Gemüse, Hackfleisch	30	»
» » Paniermehl, Omelette	30	»
Butter für Minestra ohne Brühe	10	»
» » Gemüse	10	»
» » Omelette, Eier	16	»
» » Hackfleisch, Braten	10	»
» » Fleisch mit Sauce	10	»
» » Minestra oder sonstige Zuthaten	10	»
Eier für Omelette	$1^1/_2$ Stück für die Portion	
» » Ochsenaugen	2 » » » »	
» » 5 Portionen Paniermehl	1 » » » »	
» » 5 » Hackfleisch u. ähnl.	1 » » » »	
Olivenöl für Thunfisch	10	g
Leinöl für Salat	15	»
Essig » »	25	»
Schwarzer Kaffee für jede Portion	8	»
» » » » » Milchkaffee	4	»
Zucker für schwarzen Kaffee	16	»
» » Milchkaffee	8	»
Wasser für schwarzen Kaffee	300	»
» » Milchkaffee	100	»
Milch » »	200	»
» (rein)	300	»
Grünzeug für Suppen	40	»
Gemüse » »	20	»
Speck	2	»
Rindsleber jede Portion	100	»
Hirn	75	»
Fisch	50	»
Stockfisch	100	»
Trockenes Obst	100	»
Frisches Obst	200	»
Gemüse für jede Portion	200	»
Salat	40	»
Wurst (halbgeräuchert)	75	»
Käse	50	»

NB. Beefsteak, Cotelette und andere Dinge werden selten — nur in speciellen Ausnahmefällen verordnet.

Digitized by Google

Zusammensetzung der Nahrungsmittel auf 1000 berechnet.
Krankenhaus zu Cremona.

Gegenstand	Wassergehalt	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Eiweisskörper	Fette (Aetherextr.)	Kohlehydrat. (als Rest)	Asche
Michkaffee mit Zucker .	916,77	83,23	2,10	13,12	54,86	12,59	2,66
Milch	900,00	100,00	4,96	31,00	46,83	17,48	4,69
Schwarzer Kaffee . . .	942,06	57,94	0,23	1,43	—	—	1,05
Brötchen	233,68	766,32	15,05	94,06	11,13	648,29	12,87
Reissuppe	826,44	173,56	3,72	23,25	36,32	109,57	4,32
Minestra	863,94	136,04	3,31	20,68	6,78	105,09	3,49
Mehlspeise mit Brühe .	874,20	125,80	3,45	21,56	36,29	65,71	2,24
(1. Kostordnung)							
Rindfleisch } in ungekochtem Zustande	692,18	307,82	28,56	178,50	119,27	1,43	8,62
Kalbfleisch } in ungekochtem Zustande	757,10	241,90	26,84	167,75	62,50	1,70	9,99
Hirn } in ungekochtem Zustande	805,33	194,67	15,90	99,37	79,76	0,97	14,57
Leber } in ungekochtem Zustande	690,00	310,00	36,40	227,50	44,35	9,10	29,05
Butter	160,00	840,00	1,80	11,27	813,45	6,15	9,13
Huhn (ungekocht) . .	648,45	351,55	29,51	184,43	153,95	4,01	9,16
Ochsenaugen (2 Eier mit Butter)	644,03	355,97	22,78	142,37	187,48	18,64	7,48
Wein	981,40	18,60	0,09	0,56	6,30	9,73	2,01[1]

I. Kostordnung.

Gegenstand	Wassergehalt	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend Eiweissgehalt N × 6,25	Fette (Aetherextr.)	Kohlehydrat. (Rest)	Asche
Mehlspeise mit Brühe .	442,00	56,40	1,54	9,62	16,26	29,52	1,00
Kaffee, Milch und Zucker	310,00	25,80	0,65	4,05	17,00	3,94	0,80
Brot	75,00	57,61	1,13	7,06	0,83	49,51	0,21
Wein	200,00	3,60	0,018	0,102	1,26	1,82	0,4 [2]

II. Kostordnung.

Kaffee, Milch und Zucker	310,00	25,80	0,65	4,06	17,00	3,94	0,80
Minestra mit Brühe . } Reis mit Brühe . . . }	512,00 im Mittel	79,95 im Mittel	1,80 im Mittel	11,28 im Mittel	11,56 im Mittel	55,10 im Mittel	2,01 im Mittel
Zwei Brötchen	150,00	115,22	2,26	14,12	1,66	99,02	0,42
Kalbfleisch	150,00	38,15	4,23	26,43	9,85	0,71	1,16
Wein	200,00	3,60	0,018	0,102	1,26	1,82	0,40[2]

1) Ausser den 69,5‰ Alkohol.
2) Enthält ausserdem noch 13,9 Alkohol.

III. Kostordnung.

Gegenstand	Wassergehalt	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend Eiweissgehalt N × 6,25	Fette (Aetherextr.)	Kohlehydrat (Rest)	Asche
Kaffee, Milch und Zucker	310,00	25,80	0,65	4,06	17,00	3,94	0,80
Minestra mit Brühe Reis mit Brühe	512,00 im Mittel	79,95 im Mittel	1,80 im Mittel	11,28 im Mittel	11,56 im Mittel	55,10 im Mittel	2,01 im Mittel
Drei Brötchen	225,00	172,86	3,39	21,18	2,49	148,53	0,63
Rindfleisch	150,00	46,26	4,36	27,25	17,62	0,19	1,20
Wein	200,00	3,60	0,018	0,102	1,26	1,82	0,40[1]

IV. Kostordnung.

Kaffee, Milch, Zucker	**310,00**	**25,80**	**0,65**	**4,06**	**17,00**	**3,94**	**0,80**
Fünf Brötchen	**375,00**	**288,05**	**5,65**	**35,40**	**4,15**	**247,20**	**1,30**
Reis mit Brühe **Minestra mit Brühe**	**512,00 im Mittel**	**79,95 im Mittel**	**1,80 im Mittel**	**11,28 im Mittel**	**11,56 im Mittel**	**55,10 im Mittel**	**2,01 im Mittel**
Rindfleisch **Kalbfleisch** **Huhn**	**174,66 im Mittel**	**53,92 im Mittel**	**5,04 im Mittel**	**31,46 im Mittel**	**20,17 im Mittel**	**0,80 im Mittel**	**1,49 im Mittel**
Wein	**200,00**	**3,60**	**0,018**	**0,102**	**1,26**	**1,82**	**0,40[1]**

Ospedale Maggiore in Bologna.

Kostordnung im Ospedale Maggiore.

	I. Speisezettel	II. Speisezettel	III. Speisezettel	IV. Speisezettel
Frühstück	Fleischbrühe od. Minestra mit Semmeln oder geriebenem Brot.	Suppe od. Minestra, Milch mit Gerstenkaffee, 60 g Brot.	Suppe od. Minestra mit Brühe, Milch und Gerstenkaffee, 60 g Brot.	Suppe od. Minestra mit Brühe, Gerstenkaffee mit Milch, 60 g Brot.
Mittagessen	Wie oben.	Semmelsuppe, 90 g Brot, 60 g Fleisch, 1 Deciliter Wein.	Minestra aus Mehlspeise, Reis oder ähnl. mit Brühe, 180 g Brot, 90 g Fleisch, 3 Deciliter Wein.	Minestra aus Mehlspeise, Reis oder ähnl. mit Brühe, 270 g Brot, 90 g Fleisch, eine fernere Portion, 5 Deciliter Wein.
Abendessen	Wie oben.	Suppe od. Minestra mit Brühe.	Suppe od. Minestra mit Brühe.	Suppe od. Minestra mit Brühe.

1) Enthält ausserdem noch 13,9 Alkohol.

I. Speisezettel.

Gegenstand	Gesammtmenge	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend. Eiweissgehalt N × 6,25	Fette (Aetherextr.)	Kohlehydrat. (als Rest)	Asche
Nudelsuppe oder andere Mehlspeise mit Brühe	490,00 im Mittel	44,99 im Mittel	1,46 im Mittel	9,09 im Mittel	17,27 im Mittel	17,73 im Mittel	0,90 im Mittel
II. Speisezettel.							
	1494	300,50	11,69	73,12	19,61	207,86	—
III. Speisezettel.							
	1548	329,41	11,64	72,75	13,71	242,95	—
IV. Speisezettel.							
Gekochtes Fleisch mit Sauce	357,00	44,06	4,19	26,18	14,06	1,15	2,67
Minestra ohne Brühe und Brot (Mittagessen) . .	833,50	257,00	6,80	42,50	15,22	195,87	3,41
Brot und Brühe (morgens und abends)	914,00	95,00	2,78	17,37	4,21	71,88	1,54
Wein	500,00	10,40	0,06	0,37	3,30	5,81	0,92[1])
	2604,50	406,46	13,83	86,42	36,79	274,71	8,54

Grande Ospedale Civile zu Messina.

Zusammensetzung der Speisen per mille. Grande Ospedale civile zu Messina.

Gegenstand	Wassergehalt	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend. Eiweissgehalt N × 6,25	Fette (Aetherextr.)	Kohlehydrat (als Rest)	Asche
Brot	283,94	716,06	18,30	114,37	12,70	571,59	7,40
Minestra mit Brühe . .	850,67	149,33	3,53	22,06	10,30	114,32	2,65
Reis mit Brühe . . .	860,00	140,00	2,75	17,18	9,16	116,39	1,27
Nudelsuppe (Pasta in brodo)	882,52	117,48	3,00	18,75	11,11	86,45	1,17
Gebratenes Rindfleisch .	615,95	384,05	39,67	247,93	120,39	4,21	11,52
Gekochtes Rindfleisch .	642,30	357,70	42,67	266,68	80,48	5,20	5,34
Gekochtes Huhn (ist meist fett)	501,48	498,52	51,51	321,93	167,04	2,05	7,50
Schwarzer Kaffee mit Zucker	974,60	25,40	0,41	2,56	—	—	0,34
Wein	968,66	21,34	0,13	0,81	8,40	9,70	2,43[2])

1) Ausserdem 35,5 Alkohol. 2) Ausserdem 94,3 Alkohol.

Digitized by Google

Durchschnittlich grösster Speisezettel.

Gegenstand	Gesammtmenge	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend Eiweissgehalt N × 6,25	Fette (Aetherextr.)	Kohlehydrat. (als Rest)	Asche
Brot	400,00	290,00	7,40	46,25	5,14	235,62	2,99
Minestra mit Brühe . .	776,00 im Mittel	105,14 im Mittel	2,37 im Mittel	14,79 im Mittel	7,14 im Mittel	81,39 im Mittel	1,25 im Mittel
Nudelsuppe (past. in brod.)							
Reis mit Brühe . . .							
Gebratenes Rindfleisch .	81,66 im Mittel	30,33 im Mittel	3,21 im Mittel	20,68 im Mittel	8,74 im Mittel	0,31 im Mittel	0,59 im Mittel
Gekochtes Rindfleisch .							
Gekochtes Huhn . . .							
Schwarzer Kaffee . . .	200,00	5,20	0,08	0,50	—	—	0,07
Wein	200,00	4,27	0,02	0,12	1,68	1,99	0,48[1])

Die grösste Speisemenge hat in den drei in Rede stehenden Krankenhäusern nahezu die gleiche Zusammensetzung, nämlich: 82,30 bis 82,32 bis 86,42 Eiweisskörper; 22,70 bis 36,79 bis 54,14 Fett; 274,71 bis 308,86 bis 319,31 Kohlehydrate. —

Diese Werthe sind in Bezug auf die Eiweisskörper geringer als die Zahlen, die Prausnitz bei seinen an deutschen Krankenhäusern erhobenen Befunden angibt — nämlich 110 g Eiweiss für den kranken Mann und 100 g Eiweiss für die kranke Frau; sie sind auch geringer als die einem Menschen, der eine leichte Arbeit verrichtet, gewöhnlich zugemessenen Mengen, die sich auf 120 g Eiweiss, 50 g Fett, 400 g Kohlehydrate belaufen. Sie übersteigen aber die Zahlen, welche Playfair gefunden hat bei der Untersuchung der Nahrungsmittel für Individuen im Zustand vollkommener Ruhe, nämlich in Krankenhäusern, bei Reconvalescenten oder leicht Kranken, oder aber bei vollkommen gesunden Individuen, die zu fast absoluter Ruhe gezwungen waren — den Insassen englischer Gefängnisse, denen eine ausreichende tägliche Nahrungsmenge geliefert wird. Dieses sind seine Ergebnisse:

1) Ausserdem 18,8 Alkohol.

Zusammensetzung der Speisen	Vollkommene Ruhe (Rekonvalescenten)	Fast vollkommene Ruhe (Gefangene)
Eiweisskörper . . .	56,70	70,87
Fette	14,17	28,35
Stärkemehl	340,20	340,70
Gesammtkohlenstoff .	189,95	209,70

Die obengenannte grösste Speisenmenge entspricht fast genau der Ration der Mobilgarde während der Belagerung von Paris im Jahre 1870/71, eine Ration, die A. Gautier vollauf ausreichend gefunden hat, und die sich folgendermaassen zusammensetzte:

82,93 Eiweisskörper,
49,83 Fette,
406,44 Kohlehydrate.

Die Kostordnung des Krankenhauses zu Messina enthält die geringste Menge Fett, aber eine grössere Menge Kohlehydrate.

Hinsichtlich der Herkunft der Eiweisskörper und des Fetts ist zu bemerken, dass im Krankenhaus zu Cremona diese Stoffe fast zur Hälfte thierischen Ursprungs sind, in Bologna ein reichliches Drittes, in Messina nur ein Viertel.

Die mittleren Kostordnungen (2. und 3. Speisezettel) des Krankenhauses zu Bologna und Cremona enthalten eine Eiweissmenge von 72 und 63 g, eine Quantität, die sicherlich für den Menschen im Ruhezustand ausreicht; auch hier findet sich für das Krankenhaus zu Bologna ein gewisser Mangel an Fett, der jedoch durch eine grössere Menge von Kohlehydraten und Eiweisskörpern ausgeglichen wird.

Der erste Speisezettel weist die grössten Unterschiede auf, wenn man die Spitäler von Bologna und Cremona vergleicht, und diese sowohl hinsichtlich der Gesammtmenge — 490,00 gegen 1027 — als der Trockensubstanzen — 44,99 gegen 143,41 —; sowohl bei den Eisweisskörpern — 9,09 gegen 20,84 —, als den Fetten — 17,27 gegen 35,5 —, als den Kohlehydraten — 17,73 gegen 84,79. —

Zur weiteren Beleuchtung der Frage bringe ich die Kostordnungen und die Zusammensetzung der Speisen, wie sie in andern italienischen Krankenhäusern üblich sind.

Digitized by Google

Spedale Maggiore zu Bergamo.

Kostordnung für Kranke und Dienstpersonal im „Spedale Maggiore“ zu Bergamo.

	I. Speisezettel	II. Speisezettel 1. Abtheilung	II. Speisezettel 2. Abtheilung	III. Speisezettel 1. Abtheilung	III. Speisezettel 2. Abtheilung	IV. Speisezettel 1. Abtheilung	IV. Speisezettel 2. Abtheilung
Frühstück	Gerieben. Brot 40 g	Brot mit Suppe 60 g.	Brot mit Suppe 70 g.	Brot mit Suppe 70 g.	Brot mit Suppe 80 g.	Brot mit Suppe 70 g.	Brot mit Suppe 80 g.
Mittagessen	Nudeln 54 g. 2 Eier mit Milch oder 12 gekochte Pflaumen mit Zucker.	Brot 120 g, Reis mit Brühe 67 g oder mit ca. 30 g Milch 54 g. Mehlspeise m. Brühe 54 g, oder mit ca. 30 g Milch 54 g. Nudeln mit Brühe 54 g oder mit ca. 30 g Milch 54 g. Gekochtes Kalbfleisch 70 g, gekocht. Kalbfleisch 40 g mit 100 g Gemüse, mit 10 g Butter. Huhn oder Omelette 70 g. Wein für 15 Cents.	Brot 140 g. Reis mit Brühe 75 g oder mit ca. 30 g Milch 60 g. Mehlspeise m. Brühe 60 g oder mit ca. 30 g Milch 60 g. Nudelsuppe mit Brühe 54 g oder mit ca. 30 g Milch 54 g. Gekochtes Kalbfleisch 80 g, gekocht. Kalbfleisch 50 g mit 100 g Gemüse, 10 g Butter. Huhn oder Omelette 80 g. Wein für 20 Cents.	Brot 210 g. Reis mit Brühe 67 g oder mit ca. 30 g Milch 54 g. Mehlspeise m. Brühe 54 g, mit ca. 30 g Milch 54 g. Gekochtes Rindfleisch 80 g, gekocht. Rindfleisch 60 g mit 100 g Gemüse, 10 g Butter. Gebratenes Kalbfleisch 80 g. Gebrat. Huhn 75 g mit 10 g Butter. 2 Eier m. Butter. 10 g Butter Wein für 20 Cents	Brot 240 g. Reis mit Brühe 75 g oder mit ca. 30 g Milch 60 g. Mehlspeise m. Brühe 60 g oder mit ca. 30 g Milch 60 g. Gekochtes Rindfleisch 100 g, gek. Rindfleisch 80 g mit 100 g Gemüse, 10 g Butter. Gebratenes Kalbfleisch 90 g. Gebrat. Huhn 85 g mit 10 g Butter. 2 Eier m. Butter. 10 g Butter. Wein für 20 Cents.	Brot 250 g. Reis m. Brühe 67 g oder mit ca. 30 g Milch 54 g. Mehlspeise mit Brühe 54 g, mit ca. 30 g Mich 54 g. Gekochtes Rindfleisch 80 g. Wein für 15 Cents.	Brot 350 g. Reis m. Brühe 75 g oder mit ca. 30 g Milch 60 g. Mehlspeise mit Brühe 60 g, oder mit ca. 30 g Milch 60 g. Gekochtes Rindfleisch 120 g. Wein für 25 Cents.
Abendessen	Brotsuppe 67 g oder Nudeln 54 g.	Brotsuppe 67 g oder Reissuppe 67 g. Nudelsuppe 67 g.	Brotsuppe 75 g oder Reissuppe 75 g. Nudelsuppe 60 g.	Brot 54 g. Brotsuppe 67 g oder Reissuppe 67 g. Nudelsuppe 54 g.	Brot 54 g. Brotsuppe 75 g oder Reissuppe 75 g. Nudelsupp. 60 g. Wein für 10 Cents.		

Die abendliche »Minestra« wird hergestellt aus: Gemüse 100 g, Butter 10 g, Käse 3 g, Fleisch 10 g.

Digitized by Google

Spedale Umberto e Margherita in Budrio.

1. Kostordnung:

Semmelsuppe 3 Mal täglich oder 3 Mal Bouillon	30	g
Brot	105	»
Wein	20	Centiliter.

2. Kostordnung:

Kaffee oder Suppe mit ½ Brot morgens	525	g
Minestra (verschiedene Sorten)	45	»
Brot	120	»
Fleisch	60	»
Suppe mit ½ Brot abends	525	»
Wein	30	Centiliter.

3. Kostordnung:

Suppe mit ½ Brot morgens und abends	105	g
Minestra	60	»
Brot	315	»
Fleisch	90	
Wein	50	Centiliter.

4. Kostordnung:

Minestra (verschiedene Sorten)	60	g
Brot	315	»
Fleisch	90	»
Wein	60	Centiliter.

Brot morgens und abends.

Ospedale-Ricovero zu Castelfranco-Emilia.

Kostordnung für die Kranken im Ospedale-Ricovero zu Castelfranco-Emilia.

Morgens	Mittags	Abends	Bemerkungen
1. Kostordnung: Bouillon oder Minestra mit Ei.	1. Kostordnung: Bouillon oder Minestra mit Ei.	1. Kostordnung: Brühe oder Minestra mit Ei.	Das Fleisch in den verschiedenen Kostordnungen versteht sich in rohem Zustand. Bei der 2. u. 3. Kostordnung kann Salat hinzugefügt oder in gewissen Fällen ein anderes Gericht durch ihn ersetzt werden. Die 4. Kostordnung wird gewöhnlich nur in den letzten Tagen des Spitalaufenthalts gegeben
2. Kostordnung: Milchkaffee mit 55 g Brot.	2. Kostordnung: Minestra 60 g, Rindfleisch 80 g, Brot aus feinem Mehl 100 g, Guter Wein 25 Centiliter.	2. Kostordnung: Milch oder Brühe mit 55 g Brot.	

Morgens	Mittags	Abends	Bemerkungen
3. Kostordnung: Milchkaffee od. Brühe mit 60 g Brot	3. Kostordnung: Minestra 80 g, Rindfleisch 100g, Brot aus feinem Mehl 195 g, Guter Wein 25 Centiliter	3. Kostordnung: Milch oder Brühe mit 60 g Brot. Guter Wein 12 Centiliter	Täglich wird eine bestimmte Zahl v. Portionen Minestra ohne Brühe der Reihe nach vertheilt. Das Rindfleisch kann in bestimmten Fällen durch Hackbraten, Huhn, Kalbfleisch, Schinken oder Beefsteak ersetzt werden. Wenn statt d. Mehlspeise Minestra aus Reis gegeben wird, erhält die 2. Kostordnung 50 g, die 3. 70 g, die 4. 90 g.
4. Kostordnung: Milchkaffee od. Brühe mit 105 g Brot.	4. Kostordnung: Minestra 100 g, Rindfleisch 120g, Brot aus feinem Mehl 210 g, Guter Wein 38 Centiliter.	4. Kostordnung: Milch oder Brühe mit 105 g Brot. Guter Wein 12 Centiliter.	

Kostordnung der italienischen Militär-Hospitäler.

Zusammensetzung der Speisen.

Art der Speise	Gesammtmenge	Eier	Fleischextract	Brot	Mehlspeise	Gewöhnliche Nudeln od. Reis	Milch	Kaffee (gemahlen)	Zucker	Butter	Hühner oder Tauben ungek. mit Knochen	Gemüse	Salz
	Centiliter		g	g	g	g	Centiliter	g	g	g	g		
Brühe: einfach	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	verschieden nach der Sorte, Gegend und Jahreszeit.	15 g für den Kranken.
Brühe: mit Ei	20	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Brühe: concentrirt	20	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—		
Minestra: aus Brot	50	—	—	70	—	—	—	—	—	—	—		
Minestra: aus Mehlspeise	50	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—		
Minestra: gewöhnl. Nudeln oder Reis	50	—	—	—	—	70	—	—	—	—	—		
Minestra: mit Gemüse	50	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—		
Minestra: mit Ei	50	1	—	—	—	60	—	—	—	—	—		
Morgenkaffee: mit Milch	30	—	—	60	—	—	30	—	—	—	—		
Morgenkaffee: mit Brühe	40	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—		
Morgenkaffee: mit Ei	30	1	—	60	—	—	—	—	—	—	—		
Kaffee: schwarz einfach	20	—	—	60	—	—	—	10	25	—	—		
Kaffee: schwarz mit Ei	20	1	—	60	—	—	—	10	25	—	—		
Kaffee: mit Milch einfach	25	—	—	60	—	—	15	5	20	—	—		
Kaffee: mit Milch mit Butter	25	—	—	60	—	—	15	5	20	15	—		
Huhn od. Taube: gekocht	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500		
Huhn od. Taube: gebraten	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	500		
Ei: in der Schale	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Ei: mit Butter	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	—		

Gewöhnliche Kosttabellen der italienischen Militärkrankenhäuser.

Uebliche Behandlung.

Angabe der Speise	Kostordnung				Minestra	Brühen
	ganze	3/4	1/2	1/4		
Brühe	—	—	—	—	so viel gebraucht werden	so viel gebraucht werden
Minestra	2	2	2	2		
Fleisch, gekocht, ohne Knochen und Sehnen	160	120	80	40		
Brot	500	375	250	125		
Gewöhnl. Wein (Centiliter)	50	40	30	20		
Kaffee (schwarz) oder Milchkaffee mit 60 g Brot	1	1	1	1		
Rohes Fleisch für jeden Kranken (Gramm)	400	300	200	100	30	30

Volle Ration.

Gegenstand	Gesammtmenge	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend Eiweissgehalt N × 6,25	Fette (Aetherextr.)	Kohlehydrat. (als Rest)	Asche
Minestra (2 Arten)	500,00	68,02	1,65	10,31	3,39	52,57	1,75
Gekochtes Fleisch ohne Knochen und Sehnen	160,00	57,23	6,82	42,62	12,87	0,89	0,85
Brot	500,00	358,03	9,15	57,19	6,35	290,79	3,70
Gewöhnlicher Wein	500,00	9,30	0,05	0,31	3,15	4,84	1,00[1])
Milchkaffee (250 g) und 60 g Brot	310,00	70,17	3,32	20,74	11,42	43,40	1,61
	1970,00	562,75	20,99	131,17	37,18	392,49	8,91

Dreiviertel Ration.

Minestra (2 Arten)	500,00	68,02	1,65	10,31	3,39	52,57	1,75
Gekochtes Fleisch ohne Knochen und Sehnen	120,00	42,93	5,13	32,06	9,66	0,55	0,66
Brot	375,00	268,53	6,87	42,93	4,77	218,04	2,79
Gewöhnlicher Wein	400,00	7,44	0,04	0,25	2,52	3,87	0,80[2])
Milchkaffee (250 g) und 60 g Brot	310,00	70,17	3,21	20,74	11,42	43,40	1,61
	1705,00	457,09	17,01	106,29	31,76	318,43	7,61

1) Enthält ausserdem 34,70 Alkohol.

2) Enthält ausserdem 27,76 Alkohol.

Halbe Ration.

Gegenstand	Gesammtmenge	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend Eiweissgehalt N × 6,25	Fette (Aetherextr.)	Kohlehydrat. (als Rest)	Asche
Minestra (2 Arten .	500,00	68,02	1,65	10,31	3,39	52,57	1,75
Gekochtes Fleisch ohne Knochen und Sehnen	80,00	28,62	3,41	21,31	6,44	0,44	0,43
Brot	250,00	179,02	4,58	28,59	3,18	145,40	1,85
Gewöhnlicher Wein	300,00	4,96	0,03	0,37	1,68	2,28	0,60[1]
Milchkaffee (250 g und 60 g Brot .	310	70,17	3,21	20,74	11,42	43,40	1,61

Viertel Ration.

Minestra (2 Arten) . .	**500,00**	**68,02**	**1,65**	**10,31**	**3,39**	**52,57**	**1,75**
Gekochtes Fleisch ohne Knochen und Sehnen	**40,00**	**14,31**	**1,71**	**10,61**	**3,22**	**0,26**	**0,22**
Brot	**125,00**	**89,51**	**2,29**	**14,30**	**1,79**	**72,69**	**0,93**
Gewöhnlicher Wein . .	**200,00**	**3,72**	**0,02**	**0,12**	**1,26**	**1,94**	**0,40[2]**
Milchkaffee (250 g) und 60 g Brot	**310,00**	**70,17**	**3,21**	**20,74**	**11,42**	**43,40**	**1,61**

Aus diesen Zahlen erhellt, dass die Kostordnung in den italienischen Militärspitälern besser ist als in den Civilspitälern und im Ganzen sehr gut.

Kinderkrankenhäuser.

Die Kostordnung in italienischen Kinderkrankenhäusern ist noch weniger bekannt als die in den Hospitälern für Erwachsene. Meinen Untersuchungen lag die Kost im Kinderkrankenhaus in Cremona zu Grunde.

Die 1. Kostordnung hat folgende Zusammensetzung:

Milch	500—1000 g	wenn allein
oder mit Nudelsuppe	210 »	
Geriebenes Brot	210 »	
Wein	1 Deciliter.	

2. Kostordnung:

Frühstück	Milchkaffee	200 g
	Suppe	200 »

1) Enthält ausserdem 18,51 Alkohol.
2) Enthält ausserdem 13,88 Alkohol.

Mittagessen	Reissuppe		60 g
	Minestra aus Reis		75 »
	» aus Mehlspeise		50 »
	Fleisch	Rindfleisch	70 »
		Kalbfleisch	75 »
	Brot		150 »
	Wein		1 Deciliter.
Abendessen	Geröstetes Brot mit Speck		50 g
	oder Minestra		60 »
	oder Suppe		200 »

Zusammensetzung der Nahrungsmittel per mille. Krankenhaus zu Cremona (Kinder).

Gegenstand	Wassergehalt	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend. Eiweissgehalt N × 6,25	Fette Aetherextr.	Kohlehydrat (als Rest)	Asche
Kaffee, Milch, Zucker	857,14	142,86	5,35	33,42	42,66	60,30	6,47
Milch	900,00	100,00	4,96	31,00	46,83	17,48	4,69
Fleischbrühe	825,10	74,10	0,58	3,62	67,43	0,95	2,10
Nudelsuppe	906,92	93,08	2,00	12,50	9,78	67,90	2,90
Reissuppe	833,34	113,66	1,98	12,37	13,95	86,07	1,27
Brötchen	233,68	766,32	15,05	94,06	11,13	648,29	12,84
Geröstetes Brot	554,38	445,62	7,80	48,75	137,88	254,57	4,42
Mehlspeise mit Brühe	841,40	158,60	2,78	17,37	15,90	122,49	2,84
Minestra aus Reis	504,72	495,28	5,45	34,06	201,28	252,41	7,53
Rindfleisch [1]	692,18	307,82	28,56	178,50	119,27	1,43	8,62
Kalbfleisch	757,10	241,90	26,84	167,75	62,50	1,70	9,99 [2]
Brotsuppe	917,00	83,00	1,78	11,12	24,00	44,49	2,54
Wein	981,40	18,60	0,09	0,56	6,30	9,73	2,01

Gegenstand	Gesammtmenge	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend. Eiweissgehalt	Fette (Aetherextr.	Kohlehydrat (als Rest)	Asche
Kaffee, Milch, Zucker	217,00	30,95	1,15	7,18	9,24	13,13	1,40
Milch	500,00	50,00	2,48	15,50	23,42	8,74	2,34
Fleischbrühe	350,00	11,20	0,08	0,50	10,22	0,14	0,34
Minestra mit Brühe	545,00	37,80	0,81	5,26	3,97	27,40	1,17

1) Ungekocht.
2) Enthält ausserdem 69,5 Alkohol.

Digitized by Google

Gegenstand	Gesammtmenge	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend. Eiweissgehalt	Fette (Aetherextr.)	Kohlehydrat. (als Rest	Asche
Reissuppe	560,00	63,65	1,10	6,87	7,83	48,24	0,71
Brötchen (eins)	75,00	57,61	1,13	7,06	0,83	49,51	0,21
Geriebenes Brot	80,00	44,35	0,77	4,81	13,67	25,44	0,43
Nudelsuppe	320,00	50,75	0,88	5,50	5,08	39,19	0,98
Reisbrei	180,00	89,15	0,98	6,12	36,23	45,45	1,35
Rindfleisch [1]	70,00	21,54	1,99	12,43	8,34	0,17	0,60
Kalbfleisch [1]	75,00	18,14	2,01	12,56	4,72	0,12	0,74
Brotsuppe	300,00	24,90	0,53	3,31	7,20	13,63	0,76
Wein	100,00	1,86	0,009	0,056	0,63	0,97	0,20[2])
I. Kostordnung.							
Milch	500,00	50,00	2,48	15,50	23,42	8,74	2,34
Nudelsuppe Brotsuppe	310,00 im Mittel	37,82 im Mittel	0,70 im Mittel	4,37 im Mittel	6,14 im Mittel	26,44 im Mittel	0,87 im Mittel
Wein	100,00	1,86	0,009	0,056	0,63	0,97	0,20[3])
II. Kostordnung.							
Kaffee, Milch, Zucker Fleischbrühe	208,50 im Mittel	21,07 im Mittel	0,61 im Mittel	3,72 im Mittel	9,83 im Mittel	6,65 im Mittel	0,87 im Mittel
Minestra mit Brühe Reissuppe Reisbrei	426,00 im Mittel	63,53 im Mittel	0,96 im Mittel	6,00 im Mittel	16,01 im Mittel	40,44 im Mittel	1,08 im Mittel
Brot	150,00	115,22	2,26	14,12	1,66	99,02	0,42
Geröstetes Brot mit Speck	50,00	27,70	0,48	3,00	8,67	15,77	0,26
Rindfleisch Kalbfleisch	72,50 im Mittel	19,84 im Mittel	2,00 im Mittel	12,50 im Mittel	6,53 im Mittel	0,14 im Mittel	0,67 im Mittel
Wein	100,00	1,86	0,009	0,056	0,63	0,97	0,20[4])

Diese Zahlen, die sich auf die Zusammensetzung der Nahrung von Kindern beziehen, nähern sich den Angaben der Autoren, die sich mit Kinderernährung beschäftigt haben, stehen ihnen aber in Bezug auf die Grösse der Eiweissmenge nach.

1) Nicht gekocht.
2) Ausserdem 6,95 Alkohol.
3) Enthält ausserdem 6,95 Alkohol
4) Enthält ausserdem 6,95 Alkohol.

Forster fand in der Kost eines gut genährten Kindes von 18 Monaten 36 g Eiweiss, 27 g Fett, 151 g Kohlehydrate; und Camerer bei Kindern von einem Jahr (60 Wochen) und einem Gewicht von 10,3 kg bei gemischter Kost:

Wasser	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Asche
1190	31,0	2,14	126,4	11,2

Bei Kindern von 2—4 Jahren und dem mittleren Gewicht von 12,7 kg:

Gesammtmenge	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Wasser
1183	46	39	117	957.

Bei Kindern von 5—7 Jahren und dem mittleren Gewicht von 16,6 kg:

Gesammtmenge	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Wasser
1402	50	30	182	1120.

Die zahlreichen Untersuchungen, die wir an den verschiedenen, in italienischen Krankenhäusern üblichen Nahrungsmitteln angestellt haben, gestatten uns zum Schluss eine Skizze zu entwerfen, mit Hilfe welcher es leicht sein dürfte, die Menge der Hauptnahrungsstoffe annähernd zu berechnen, die eine Krankenhauskost enthält.

Zusammensetzung der in den italienischen Krankenhäusern üblichen Nahrungsmittel per mille.

Gegenstand	Wassergehalt	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend Eiweissgehalt N × 6,25	Fette (Aetherextr.)	Kohlehydrat. (als Rest)	Asche
Milch	900,00	100,00	4,96	31,00	46,83	17,48	4,69
Kaffee mit Milch und Zucker	916,77	83,23	2,10	13,12	54,86	12,59	2,66
Schwarzer Kaffee	942,06	57,94	0,23	1,43	—	—	1,05
Schwarzer Kaffee mit Zucker	974,60	25,40	0,41	2,56	—	—	0,34
Brot	283,94	716,06	18,30	114,37	12,70	571,59	7,40
Brötchen	233,68	766,32	15,05	94,06	11,13	648,29	12,84
Reissuppe	826,44	175,56	3,72	23,25	36,32	109,57	4,32
Reissuppe	860,00	140,00	2,75	17,18	9,16	118,39	1,27

Gegenstand	Wassergehalt	Trockensubstanz	Gesammtstickstoff	Entsprechend Eiweissgehalt N × 6,25	Fette (Aetherextr.	Kohlehydrat (als Rest)	Asche
Nudelsuppe	874,20	125,80	3,45	21,56	36,29	65,71	2,24
Nudelsuppe	850,67	149,33	3,53	22,06	10,30	114,32	2,65
Mehlspeise mit Brühe	882,52	117,48	3,00	18,75	11,11	86,45	1,17
Minestra mit Brühe . .	833,94	136,04	3,31	20,68	6,78	105,09	3,49
Gebratenes Fleisch . .	615,95	384,05	39,67	249,93	120,39	4,21	11,52
Gekochtes Fleisch . .	642,30	357,70	42,67	266,68	80,48	5,20	5,34
Gekochtes Huhn . . .	501,48	498,52	51,51	321,93	167,04	2,05	7,50
Rohes Huhn	648,45	351,55	29,51	184,43	153,95	4,01	9,16
Rohes Rindfleisch . . .	692,18	307,82	28,56	178,50	119,27	1,43	8,62
Rohes Kalbfleisch . . .	757,10	241,90	26,84	167,75	62,50	1,70	9,99
Rohes Hirn	805,33	194,67	15,90	99,37	79,76	0,97	14,57
Rohe Leber	690,00	310,00	36,40	227,50	44,35	9,10	29,05
Butter	160,00	840,00	1,80	11,27	813,45	6,15	9,13

Ueber die Herstellung von Rahm und Butter frei von gesundheitsschädlichen Organismen.[1])

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann.**

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Während die Mehrzahl unserer Nahrungs- und Genussmittel heute dem Culturmenschen in nahezu bacterienfreiem Zustande dargeboten wird (Wasser, Brod, gekochte Milch, Eier, Fleisch, gekochte und eingemachte Gemüse und Früchte, Suppen, Kaffee, Thee, Bier, Wein), und es heute bei jedem gebildeten Menschen mindestens als etwas leichtsinnig gilt, rohe Milch zu geniessen, werden Rahm und Butter noch vielfach in einem Zustande zu Markte gebracht und verzehrt, der mit unserer sonstigen Vorsicht in schroffstem Gegensatze steht.

Da Rahm und Butter aus roher Milch hergestellt werden, so enthalten diese Präparate mindestens einen Theil der Milchbacterien und einen Theil des Milchschmutzes. Besonders die nach Urväterweise bereitete »Bauernbutter« ist oft ein recht bedenkliches Präparat. Man lässt die Milch, oft ohne sie vorher irgendwie zu reinigen, an einem geeigneten oder ungeeigneten Orte

1) Vorgetragen in seinen Hauptzügen am 25. Februar 1898 im hygienischen Verein in Würzburg und im April 1898 auf dem internationalen hygienischen Congress in Madrid.

12 bis 48 Stunden aufrahmen, hebt den Rahm ab und sammelt ihn die Woche durch in einem Rahmtopf, um ihn am Freitag zu buttern. Die Butterfässer werden von Hand bewegt, ihre Reinigung soll oft zu wünschen übrig lassen. Man erhält so eine Butter, die schon frisch, weil aus unregelmässig behandeltem alten Rahm gewonnen, keinen hohen Grad von Wohlgeschmack besitzt, die leicht verdirbt und dabei die verschiedensten Zersetzungen eingeht.

Ein weit besseres Product, was Appetitlichkeit, Wohlgeschmack und Haltbarkeit anlangt, liefern die grösseren Güter und Molkereien. Hier wird täglich frisch aus der Milch durch Centrifugiren der Rahm gewonnen, auf Gütern werden die Centrifugen von Hand getrieben, in Molkereien ist Dampfkraft vorhanden. Durch geeignet gebaute Apparate, die in der Minute 5000 bis 6000 Umdrehungen machen, lassen sich leicht in 1 Stunde 900 l Milch soweit entrahmen, dass pro 100 l guter Milch 16 l Rahm mit 22% Fett und gegen 84 l Magermilch gewonnen werden, die nur noch 0,1 bis 0,05% Fett enthält. — Was wird nun aus dem Schmutz und den Bacterien der Milch? Der Schmutz[1]) scheidet sich sehr vollständig in zwei Formen ab — einmal als lederartige, vorwiegend aus Käsestoff, Wasser und etwas Aschebestandtheilen bestehende Masse, welche die Centrifugentrommel auskleidet, zweitens als grünlicher Schmutz, der nichts anderes als Kuhkoth darstellt und sich in der Milchzuflussröhre ausscheidet.

Auch von den Milchbacterien wird ein Theil mit dem Centrifugenschlamm entfernt, doch enthält der Rahm aus der Centrifuge nicht nur nicht weniger Keime als die Vollmilch, sondern stets erheblich (ungefähr 100%) mehr[2]), wie folgende Versuche zeigen, die mit einer Handcentrifuge angestellt wurden:

1) Die Milch (Marktmilch) enthält in Würzburg pro 1 l 8—40 mg frischen Kuhkoth (Oscar Schulz); in München pro 1 l 27—140 mg frischen Kuhkoth (Renk); in Halle pro 1 l 72—362 mg frischen Kuhkoth (Renk).

2) Vergl. auch die ähnlichen Resultate von Scheurlen, Arb. a. d. k. Gesundheitsamt, Bd. VII.

Angewendete Milch	Vollmilch	Magermilch	Rahm
Frische Milch I	59 000	45 000	84 000
Frische Milch II	1 428 000	1 420 000	2 520 000
Sammelmilch I	15 313 000	15 151 000	31 843 000
Sammelmilch II	7 000 000	5 400 000	13 000 000
Sammelmilch III	15 000 000	13 200 000	33 400 000
Sammelmilch IV	3 000 000	2 232 000	6 006 000

Ist also auch der Centrifugenrahm ein sehr reinliches und appetitlich gewonnenes Product, so entspricht er doch keineswegs den hygienischen Anforderungen — denn unter den sehr zahlreichen Bacterien, die er enthält, wird man mit vollem Recht auch einen Theil der pathogenen Bacterien vermuthen, welche in der Milch waren.

Auch die Verarbeitung des Centrifugenrahms zu Butter stört pathogene Bacterien nicht, die etwa in den Rahm gelangt sind. Die Butterfabrikation geschieht meist so, dass der gewonnene Rahm bei einer Temperatur von 22° in grossen Blechgefässen mit etwas saurem Rahm vom Tag vorher versetzt und 24 Stunden bei kühler Temperatur (ca. 10 bis 15°) aufbewahrt wird. Die Säuerung soll den Geschmack verbessern und die Butter haltbarer machen. Die Ausbutterung des Rahms vollzieht sich in hölzernen, bei grösseren Betrieben stets durch Dampf getriebenen, peinlichst sauber gehaltenen Butterfässern, in 35 Minuten ist die Ausbutterung fertig, die Butterklumpen werden aus der Buttermilch herausgenommen, auf der hölzernen Knetmaschine einige Minuten lang geknetet, mit Wasser abgespült und die fertige Butter sofort zum Verkauf in Formen gepresst und bis zur Abgabe möglichst kühl gehalten.

Dass in der That auch die im Grossen unter Zuhülfenahme vollkommener Apparate hergestellte Molkereibutter reich an pathogenen Keimen sein kann, ist durch die Untersuchungen von Roth, Obermüller, Petri und Rabinowitsch u. A. über allen Zweifel bewiesen.

Es würde mich zu weit führen, die neueren Arbeiten über das Vorkommen ächter und »falscher« Tuberkelbacillen in der

Digitized by Google

Butter hier näher zu recapituliren, sicher ist, dass Tuberkelbacillen sehr häufig sind, und dass z. B. Petri, der Butterproben der verschiedensten Berliner Quellen untersuchte, 38% derselben mit unzweifelhaften Tuberkelbacillen behaftet fand.

Obermüller (H. R. 1897, 712) und neuestens auch Rabinowitsch (D. m. W. 1899) fanden sogar alle Butterproben einer grossen Berliner Handlung stets tuberkelbacillenhaltig.

Auch weitere pathogene Organismen aus der Milch[1]), die Erreger des Milzbrands, des Typhus, der Cholera, der Enteritis (Klein), der Maul- und Klauenseuche, müssen bei der gewöhnlichen Art der Butterbereitung gelegentlich in die Butter zum Theil übergehen und sie gesundheitsschädlich machen; sind dafür auch keine bestimmten Fälle aus der Literatur anzuführen, so ist es doch sicher gestattet, von der Milch auf die Butter zu schliessen.

Bei dieser Sachlage schien mir eine Hauptaufgabe zu sein — als ich im Herbste 1897 von Herrn Director Weidemann aufgefordert wurde, der neu gegründeten Würzburger Molkereigenossenschaft mit meinem Rath beizustehen bei der Beschaffung hygienisch empfehlenswerther Milchproducte — vor allem einmal zu versuchen, wie weit sich eine Butter frei von gesundheitsschädlichen Keimen herstellen lasse.

Zur Tödtung der Keime konnte kein anderes Mittel als das Erhitzen in Frage kommen, und wir begannen daher mit Versuchen die Milch so weit zu erhitzen als möglich erschien, ohne den Geschmack derselben zu beeinflussen. Anfänglich versuchten wir in einem sog. »Milchpasteur«, einem 80 l fassenden, durch Dampf geheizten Apparat, die ganze Milch, ehe sie centrifugirt wird, auf Temperaturen von 60 bis 80° zu erhitzen. Es zeigte sich aber, dass es unmöglich war, mit dem zur Zeit vorhandenen Provisorium einer Dampfmaschine die Milch höher als etwa 65° zu erwärmen, und bei dieser Temperatur, die 5 Minuten einwirkte, war das Resultat ganz ungenügend.

Wir verfielen nun auf den Gedanken, erst den Rahm durch Centrifugiren abzuscheiden und den fertigen Rahm zu pasteuri-

1) Vergl. z. B. Rowland Godfrey Freeman. Milk as an Agency in the Conveyance of Disease. Medical Record. March 28 1896.

siren. Aber obwohl wir Temperaturen von 65, 70 ja 75 bis 80° 10 Minuten einwirken liessen, waren die Resultate in mehreren Versuchen ganz ungenügend, die Keimzahl war nicht unter 40000 bis 80000 pro Cubikcentimeter herunterzubringen.

Ich schloss hieraus, dass an dem Pasteurisirungsapparat, trotzdem derselbe nach einem ganz neuen patentirten System gebaut war, irgend ein Fehler sein müsse, so dass die Milch in demselben nicht genügend gemischt werde, und dass die Temperatur, welche das Thermometer am Ausflussrohr anzeigte, nicht diejenige sei, die jeder Theil der durchgegangenen Milch erreicht hat, sondern nur eine Durchschnittstemperatur. Die Richtigkeit dieser Annahme bewies ich zunächst durch Laboratoriumsproben, welche zeigten, dass Milch und Rahm bei 75 bis 80° fast absolut keimfrei wurde, die Milch befand sich dabei in einem Bechergläschen im Wasserbade und wurde unter constanter Temperaturbeobachtung und Regulation mit einem Thermometer umgerührt.

Laboratoriumsversuch I.

	Vollmilch unerhitzt 5 000 000		Rahm unerhitzt aus anderer Milch 150 000	
	5 Min.	10 Min.	5 Min.	10 Min.
Erhitzt auf 65° .	70 800	37 000	21 400	14 500
» » 70° .	16 600	16 000	11 270	11 300
» » 75° .	8 130	3 370	6 200	3 940

Laboratoriumsversuch II.

	Magermilch unerhitzt ca. 1 000 000			Rahm unerhitzt ca. 1 200 000		
	5 Min.	10 Min.	15 Min.	5 Min.	10 Min.	15 Min.
Erhitzt auf 75°	1 200	200	200	600	100	0
» » 80°	300	0	0	900	0	0

Aber auch durch Versuche in der Molkerei wurde die Richtigkeit meiner Annahme bewiesen. Nach mancherlei Probieren ist es gelungen, durch einen von Herrn Director Weidemann erdachten, höchst einfachen Rührapparat die Milch so vollkommen zu mischen, dass der erhaltene Rahm fast ebenso

Digitized by Google

keimarm wie die Laboratoriumsproben wird. Ich gebe im Folgenden eine kleine Tabelle über Versuche in der Molkerei:

Rahm unerhitzt	3500000
10 Minuten bei 67°	8150
10 Minuten bei 73°	3050
Rahm unerhitzt	ca. 4000000
5 Minuten bei 77°	19000
5 Minuten bei 83°	300
Rahm unerhitzt	ca. 4000000
5 Minuten bei 85° . . .	steril
Rahm unerhitzt	ca. 6000000
5 Minuten bei 65°	15300
5 Minuten bei 75°	2700.

Es war also der Keimgehalt auf etwa 1‰ durch Erhitzen auf 75°, auf etwa 0,1‰ durch Erhitzen auf 85° herabgesetzt. Da mir dieses Resultat vollkommen ausreichend erschien, so sah ich keine Veranlassung, Versuche über die längere Einwirkung niedrigerer oder ebenso hoher Temperaturen anzustellen.

Wichtiger als die Resultate dieser sorgfältig überwachten Probeversuche sind die Ergebnisse des praktischen Betriebes, der seit Anfang März 97 — Anfang September allwöchentlich an unregelmässig gewählten Tagen controlirt wurde. Der Rahmzulauf zu dem Pasteurisirungsapparat wurde so eingestellt, dass der Rahm 10 Minuten die gewünschte Temperatur auszuhalten hatte.

Pasteurisirter Rahm.

Datum	Entnahme	Past. bei ° C.	Keime in 1 ccm Rahm	Bemerkungen
5. III.	Auslaufrohr	84°	2900	Zählung der Keime nach 7tägigem Aufenthalt der Gelatineplatten bei 22°.
12. III.	»	85°	13300	
21. III.	»	84°	600	
30. III.	»	84°	870	
4. IV.	»	85°	1000	
7. IV.	»	83°	1900	
21. IV.	Kühlgefäss	85°	2000	
23. IV.	»	85°	2600	
26. IV.	»	85°	29200	

Datum	Entnahme	Past. bei °C.	Keime in 1 ccm Rahm	Bemerkungen
5. V.	Kühlgefäss	84°	14 000	
9. V.	Auslaufrohr	85°	steril	
13. V.	»	87°	1 000	
16. V.	»	82°	11 800	
24. V.	Kühlgefäss	84°	19 500	
1. VI.	Auslaufrohr	83°	12 600	
7. VI.	»	84°	12 800	
20. VI.	»	83°	6 000	
27. VI.	»	83°	5 200	
30. VI.	»	84°	5 100	
6. VII.	»	83°	10 300	
16. VII.	»	83°	4 800	
23. VII.	»	83°	960	
25. VII.	»	74°	158 000	In dieser heissen Zeit war durch die fortgeschrittene Säuerung d. Milch d. Rahm immer so sauer geworden, dass er eine stärkere Erwärmung als 75° nicht mehr ertrug, ohne Klumpchen von Casein auszuscheiden, was in bescheidenem Maasse schon bei 75° begann.
5. VIII.	»	76°	116 000	
11. VIII.	»	75°	143 000	
19. VIII.	»	74°	148 000	
27. VIII.	»	84°	6 000	
3. IX.	»	85°	8 800	
9. IX. [1])	Kühlgefäss	84°	6 600	

Den Keimgehalt des verwendeten Rahms darf man als sehr hoch annehmen, da er aus ungekühlter Bauernmilch hergestellt war, — drei Bestimmungen ergaben 7 und zweimal 15 Millionen — nehmen wir 10 Millionen als mittleren Gehalt an, so hätte die Erhitzung auf 85°, bei der im Durchschnitt 7000 Keime der Sterilisirung entgingen, die Keimzahl auf 0,7‰ herabgesetzt, an den 4 Tagen, wo die Erhitzung nur auf 75° getrieben werden konnte, blieben 140000, d. h. 1,4% der Keime am Leben, wenn wir auch hier nur 10000000 Keime im unsterilisirten Rahm annehmen. Höchst wahrscheinlich war aber die Keimzahl vor dem Erhitzen eine sehr viel höhere, so dass die procentische Rechnung ein besseres Resultat ergeben müsste.

Damit ist also ein Rahm gewonnen, der bis auf relativ wenige Keime als steril bezeichnet werden kann.

1) Anmerkung bei der Correctur: 9 Untersuchungen vom 9. IX. — 11. XI. ergaben 0, 100, 1800, 3000, 3300, 8200, 15 100, 16 400, 19 600.

Es fragt sich nun: Welcher Art sind diese spärlichen überlebenden Keime? Sind vielleicht die gesundheitsschädlichen gerade die widerstandsfähigen?

Darauf lässt sich leicht antworten. Alle die Arten, die in der Milch in der Regel gesundheitsschädlich wirken, sind nicht mit der Fähigkeit begabt, Dauerformen zu bilden, welch letztere allein den höheren Temperaturen Widerstand zu leisten vermögen. Sorgfältige Ermittelungen von Forster haben gezeigt, dass zwar die Tuberkelbacillen ein wenig widerstandsfähiger sind, als die anderen Arten, dass aber auch sie zu Grunde gehen

bei 65° in 15 Minuten,
» 70° » 10 »
» 80° » 5 »
» 90° » 2 »

Nach diesen Aufstellungen dürfen wir also sicher sein, durch unsere Erhitzung auf 80 bis 85° während 10 Minuten alle sporenfreien Mikroorganismen in der Milch vor allem die Erreger von Tuberculose, Typhus, Cholera, Diphtherie, Maul- und Klauenseuche zu tödten.

Am Leben bleiben können Sporen, doch ist bisher in frischer Milch das Auftreten pathogener sporentragender Arten nur sehr selten nachgewiesen — es stehen die Erfahrungen von Klein bisher ganz isolirt.

Untersucht man, was wirklich am Leben bleibt, so findet man stets Repräsentanten der verschiedenen Spaltpilzfamilien in einzelnen Exemplaren, d. h. es ist nicht absolut ausgeschlossen, dass auch der eine oder andere pathogene Keim gerade so gut am Leben bleibt wie etwa $\frac{0{,}7}{1000}$ der vorhandenen Individuen überhaupt. Es arbeitet eben auch diese Methode in der Technik nicht absolut so gut wie dies theoretisch anzunehmen wäre, aber sie verringert allermindestens die Gefahr einer Infection durch den 10 Minuten auf 85° erhitzten Rahm und die daraus bereitete Butter auf $\frac{1}{1000}$, sie leistet also mindestens so viel wie die Sandfiltration bei tadellos betriebenen Filteranlagen.

Ich bin aber überzeugt, dass die Wirkung der Erhitzung noch weit höher anzuschlagen ist. Die vereinzelten überlebenden Keime zeigen nämlich auf den Agarplatten bei Bruttemperatur ein ausserordentlich geschwächtes Wachsthum — vor 48 Stunden ist auf den Platten niemals ein Auftreten von Andeutungen von Colonien zu sehen, so dass die meisten eingeführten Keime den Darm verlassen haben, ehe sie Zeit gefunden, sich zu vermehren. Ein kräftigeres Wachsthum beginnt erst am 4. Tage. Endlich dürfen wir sicher annehmen, dass Individuen, die derartig in ihrer Wachsthumsenergie geschwächt sind, auch ihre pathogenen Eigenschaften grossentheils verloren haben.

Ich glaube also, dass eine factische Gesundheitsgefährdung durch den Genuss von 10 Minuten unter guter Mischung auf 80 bis 85° erhitztem Rahm ausgeschlossen ist, jedenfalls ist sie um ein mehrfaches kleiner als $\frac{1}{1000}$ der durch frische Milch oder gewöhnliche Butter bedingten, und es scheint mir durchaus gestattet, einen solchen Rahm und die daraus bereitete Butter als »frei von gesundheitsschädlichen Keimen« in den Handel zu bringen. Natürlich erheischt die Fabrication grosse Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit und eine häufige Controle ist nöthig, um ein Präparat von gleichmässiger Keimarmuth zu erzielen.

Es fragt sich nun, wie schmeckt dieser erhitzte Rahm? Alle, die ihn kosteten, fanden ihn vorzüglich, er besitzt zwar etwas »Kochgeschmack«, der aber nach fast allgemeinem Urtheil den Wohlgeschmack geradezu erhöht. Der Geschmack ist am ehesten zu vergleichen mit dem von gerösteten Mandeln oder Nüssen. In Würzburg hat sich der Rahm frei von gesundheitsschädlichen Keimen sehr rasch eingeführt, er hält sich bei kühler Aufbewahrung 48 Stunden lang sehr gut und lässt sich zu den herrlichsten Rahmspeisen trefflich verarbeiten. Erst seit dieses Präparat zu haben ist, dürfen Speisen mit Schlagrahm[1]) auf

1) Nur einmal ist es vorgekommen, dass beim Schlagen eines erhitzten Rahmes Ausbutterung statt Schlagrahmbildung eintrat — ein Grund war nicht anzugeben. Es ist aber wahrscheinlich, dass Veränderungen der Eiweisskörper durch das Erhitzen die Ursache waren.

meinen Tisch kommen, jetzt erscheinen sie zur Freude von Jung und Alt sehr häufig.

Aus dem erhitzten Rahm lässt sich sofort im Butterfass in der normalen Zeit von 35 Minuten eine wahre »Süssrahmbutter« herstellen, die durch ihren Mandelgeschmack mindestens 90% der Menschen, die wir sie kosten liessen, ganz hervorragend mundete.

Leider ist die Ausbeute bei sofortiger Ausbutterung nach Abkühlung des erhitzten Rahms nicht ganz befriedigend, da die Buttermilch etwa noch 2 bis 3% Fett enthält. Lässt man aber den Rahm kühl über Nacht stehen, so verbuttert er sich jetzt vortrefflich, die Buttermilch enthielt dann nie mehr als 0,4 bis 0,5% Fett. Dabei machte es für die Ausbeute keinen Unterschied, ob der Rahm angesäuert (es wurde nicht mit Reinculturen gearbeitet) oder süss aufbewahrt wurde. Im letzteren Falle wird aber eine süsse und deswegen nicht ohne weiteres verkäufliche Buttermilch gewonnen, was leider die Fabrication dieser so besonders wohlschmeckenden Süssrahmbutter weniger vortheilhaft macht.

Die Butter aus erhitztem und dann gesäuertem Rahm zeigt neben dem schwach säuerlichen noch einen Rest des Nusskerngeschmacks, der allerdings durch die Säuerung theilweise verdeckt ist. Sie hat sich in Würzburg rasch den Markt erobert. Als Nebenproduct der Butterung wird eine angenehm säuerliche, von vielen Personen, speciell auch Kranken, gerne genossene Buttermilch erhalten; auch diese kann jetzt als »frei von gesundheitsschädlichen Keimen« angesehen werden.

Es liegt mir natürlich die Behauptung ferne, dass wir hier erfunden hätten, den Rahm vor der Butterbereitung zu pasteurisiren, wir haben aber gezeigt, dass die in der Praxis schon von mehreren Molkereien geübte Methode der Rahmpasteurisirung

1. wegen nur kurzer Anwendung zu niederer Temperaturen (60 bis 65°),
2. wegen ungenügender Mischvorrichtung in den Pasteurisirungsapparaten

gewiss oft mangelhaft ist und gefunden, dass die Anwendung höherer Temperaturen und guter Mischvorrichtungen gestattet,

einen Rahm und eine Butter herzustellen, die gleichzeitig den strengsten hygienischen wie culinarischen Ansprüchen genügt. Auch dürfte in Würzburg zum ersten Mal eine fortgesetzte strenge wissenschaftliche Controle des erhitzten Rahms stattgefunden haben.[1])

1) Im Begriffe, die Arbeit abzusenden, fällt mir die Untersuchung von Hugo Schmidt aus dem hygienischen Institut in Göttingen in die Hände: Ueber die Vorgänge beim Ranzigwerden und den Einfluss des Rahmpasteurisirens auf die Haltbarkeit der Butter. Zeitschr. f. Hyg., XXVIII., Heft 2. Ich bemerke, dass auch von diesem Beobachter Butter aus Rahm, der auf 85—90° erhitzt war, als rein und wohlschmeckend befunden wurde, wenn auch der Geschmack gewisse Unterschiede von gewöhnlicher Butter zeigte. — Ueber die Frage der Haltbarkeit habe ich nur ermittelt, dass bei kühler Aufbewahrung — am besten unter Wasser — sich die Butter aus erhitztem Rahm, ungesalzen, 8 Tage tadellos hielt, gleichgültig, ob sie gesäuert war oder nicht.

Experimentelle Untersuchungen über die Gewöhnung an Fabrikgase[1]).

(Ammoniak, Chlor, Schwefelwasserstoff.)

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann.**

(Aus dem hygienischen Institut zu Würzburg.)

(Mit Tafel II, III u. IV.)

I. Einleitung.

Seit einer Reihe von Jahren habe ich in diesem Archiv Mittheilungen gemacht über Versuche an Menschen und Thieren, welche eine Grundlage schaffen sollten für die Beurtheilung der Wirkung praktisch wichtiger giftiger Gase in hygienischer Beziehung. Es ist auch gelungen, für eine grössere Anzahl derselben ziffermässig anzugeben, welche Werthe der gesunde Mensch und das gesunde Thier einen Tag, einige Stunden oder nur etwa $^1/_2$ Stunde ohne merkliche Schädigung auszuhalten im Stande ist, und von welchem Gehalt ab das Gas rasch tödtliche Wirkung hervorbringt. Diese Zahlen, welche in die Literatur übergegangen sind, geben zwar eine ganz werthvolle Grundlage für die Beantwortung einer Reihe von Fragen der praktischen Fabrikhygiene, es bleiben aber stets Zweifel bestehen, ob sich nicht durch wiederholte Einathmung eines bestimmten Gases die Widerstandsfähigkeit gegen dasselbe verändert, sei es, dass sie sich vermehrt oder vermindert.

1) Eine vorläufige Mittheilung über einen Theil der Versuche mit Ammoniak und Chlor habe ich gemacht auf dem internationalen hygienischen Congress in Buda-Pest 1894.

Archiv

Datum
19. X. a. m.

Wenn man in der Literatur nach Angaben sucht, die einen klaren Aufschluss über die Möglichkeit einer Gewöhnung an giftige Gase geben, oder die im Gegentheil eine Abnahme der Widerstandsfähigkeit darthun, so ist die Ausbeute herzlich gering, die Angaben vielfach widersprechend. Methodische Beobachtungen am Menschen sind wenig, Thierversuche meines Wissens überhaupt noch keine gemacht und die gelegentlichen Beobachtungen an Menschen meist oder vielfach so kurz und unvollständig erhoben, dass ihnen auch nicht viel Beweiskraft zukommt. Immerhin gewinnt man aus der Literatur den Eindruck, dass eine Gewöhnung an eine Anzahl der ätzenden Gase wenigstens vorhanden zu sein scheint. Ich will die wenigen Angaben, die ich zusammengetragen, bei der Besprechung der einzelnen Gase getrennt anführen und zugleich meine eigenen Versuche mittheilen.

II. Versuchsanordnung.

Alle Versuche wurden mit Hilfe eines Respirationsapparates gemacht, der sich in seinem Haupttheil an den Voit'schen Respirationsapparat anschliesst, d. h. die Thiere befinden sich in einem grossen Glaskasten, durch den mit einer Gasuhr ein kräftiger Luftstrom (etwa 600—1800 l pro Stunde) gesaugt wird. Der Kasten kann durch eine 5fach durchlochte Glaswand in 2 Abtheilungen getheilt werden, um gleichzeitig mehrere Thiere untersuchen zu können. Dem eintretenden Reinluftstrom mischte sich nach dem von mir (Archiv für Hygiene, Bd. 5 S. 1) angegebenen und seither stets angewandten Princip ein Strom Luft bei, der eine Flasche passirt hatte, in der sich eine gesättigte Lösung des betreffenden Gases in Wasser befand, und aus der der Luftstrom mit dem Gase beladen austrat. Um Tag für Tag (die Versuche wurden zum Theil mehrere Monate lang fortgesetzt) einen gleichmässigen Gehalt in dem Versuchskasten zu haben, musste die Zuleitung des giftigen Gases genau dosirbar sein. Es geschah dies einmal dadurch, dass die Flasche mit der Gaslösung in einen Behälter bis an den Hals eingesetzt war, der von Wasserleitungswasser durchströmt war. Es war damit wenigstens für Wochen eine recht gleichmässige Temperatur der gasliefern-

den Flüssigkeit erzielt. Zweitens konnte der Wasserstrom, der die Luft durchpresste, durch einen feinen Hahn ganz bestimmt regulirt werden Der Gasstrom, resp. Wasserstrom musste in den einzelnen Versuchen sehr verschieden sein. Es war zeitweise nur nothwendig, das Wasser tropfenweise in die Druckflasche fallen und vereinzelte Gasblasen durch die Gaslösung aufsteigen zu lassen, z. B. bei den Versuchen mit Chlor. In andern Fällen, z. B. bei den Versuchen mit Ammoniak, kam ein ziemlich kräftiger Wasser- resp. Luftstrom zur Anwendung.

Die Controle des Gasgehalts in den Glaskästen wurde nicht mit Hilfe der Pettenkofer-Voit'schen Quecksilberluftpumpen ausgeführt, da mir diese nicht zur Verfügung standen. Ich begnügte mich vielmehr mit der Entnahme von Gasproben (6 Liter) alle ein bis zwei Stunden mit Hilfe von einfachen Aspiratoren, die nach dem Princip der Mariotte'schen Flasche gebaut waren. Das Gas wurde immer direct durch eine geeignete Absorptionsflüssigkeit durchgesaugt und durch Titriren bestimmt. Es wurden stets 2—3 Proben gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Kastens entnommen und die Untersuchung mindestens zwei-, häufig dreimal im Laufe eines Vor- oder Nachmittags vorgenommen. Bei guter Einrichtung der Versuche arbeitete der ganze Apparat so tadellos, dass man sehr wohl diese einförmigen Versuche neben andern Arbeiten ausführen konnte. Wir haben etwa $1^1/_2$ Jahre fast täglich unsern Respirationsapparat in Thätigkeit gehabt, um mit Hilfe desselben nach und nach die Gase: Ammoniak, Chlor und Schwefelwasserstoff in ihrer Wirkung auf das Thier zu prüfen. Die Thiere waren mit Ausnahme der Sonn- und Feiertage meist morgens und mittags je 2 bis 4 Stunden im Apparat.

Eine gewisse Schwierigkeit haftet den Versuchen principiell an, nämlich die, dass man von Anfang an nicht weiss, ob ein Thier, mit dem man Versuche beginnt, eine grosse oder geringe Resistenz gegen das zu untersuchende Gas besitzt. Man hat, um zeigen zu können, dass Gewöhnung eintritt, das Thier zuerst bei einer mittelstarken Dosis zu prüfen, von der man annehmen darf, dass das Thier sie zwar jetzt noch nicht erträgt, dass es sich aber an dieselbe gewöhnen wird. Wählt man diese Dosis

zu hoch, so ist zu befürchten, dass das Thier bleibenden Schaden durch den Versuch erleidet, wählt man sie zu niedrig, so ist es denkbar, dass der erste Versuch keine Symptome macht und schon dazu beiträgt, die Resultate des zweiten Versuchs durch Gewöhnung zu trüben.

Ausführlich mitgetheilt habe ich nur die Versuche an Hunden, da die bei einem Theil der Ammoniakversuche nebenbei mitverwendeten Kaninchen und Katzen unbefriedigende, nicht leicht zu deutende Resultate ergaben.

III. Darstellung der Versuche.

Die dicken Protokollbücher, welche ich mit Beobachtungen gefüllt, aufbewahre, in extenso zu publiciren, geht nicht wohl an; nach mancherlei Versuchen, den spröden Stoff darzustellen, habe ich mich schliesslich für die Form möglichst knapper Tabellen entschieden, in denen das Wissenswerthe zum Theil in Abkürzungen durch Zeichen und Zahlen enthalten ist.

Ich habe stets die geringen Grade einer Schädigung durch das Zeichen 1, grössere durch 2, starke durch 3 bezeichnet.

Die folgende Tabelle enthält übersichtlich und ausführlich die Bedeutung der einzelnen Abkürzungen, die besonders bei den Schwefelwasserstofftabellen Verwendung fanden:

Tabelle der Abkürzungen.

Augen		Speicheln		Verhalten	
Augen feucht . .	1	Minimal	> 0	Ohne besond. Reizerscheinung, d. h. normal	0
Feucht, meist geschlossen . . .	1 m. g	Wenig, etwas .	1	Nicht ganz behaglich, aber im allgemeinen ruhig .	1
Feucht, meist offen	1 m. o	Fortgesetzt wenig, mässig	1 F		
Augen nass, etwas angegriffen und Zwinkern . . .	2	Mittelmässig (in dünnen Fäden od etwas schaumig) .	2	Unbehaglich, unruhig, vielleicht ein wenig angegriffen	2

Augen		Speicheln		Verhalten	
Augen thränend, stark angegriffen	3	Kräftig (in Fäden, schaumig, stark, viel)	3	Sehr unruhig, angegriffen	3
Augen thränend, sehr stark angegr., entzündet . . .	4	Sehr stark (in dick. Strähnen) . . .	4	Stark angegriffen, leidet	4
Augen oft geschl., oft halb geschloss.	o. g. o.½ g.	Zeitweise (in Intervallen)	ii	Leichter Krampfanfall	X
Häufiges Zwinkern	HZ	Anfangs . . .	a	Schwerer Krampfanfall m. Bewusstlosigkeit	†
Fortges. Zwinkern	FZ	Gegen Ende . . .	g. E.		
Leichtes Zwinkern	Z_l	Im Anfang wenig, gegen Ende stark	1a-3g E		
Auffallend trocken	T				
Weit offen, hervortretend	WO				

Alle Angaben sind für Ammoniak und Schwefelwasserstoff in Volumpromille, für Chlor in Volummilliontel mitgetheilt, es sind stets Mittelwerthe aus 2—3 Bestimmungen an verschiedenen Stellen des Kastens.

IV. Versuche mit Ammoniak.

Das erste Gas, das ich zum Versuche wählte, war Ammoniak, weil ich mir bei diesem am ehesten eine Gewöhnung versprach, obwohl mir sichere Angaben darüber aus der Literatur nicht bekannt sind. Bei meinen früheren Studien (Arch. f. Hyg., V. 1) hatte ich nämlich gefunden, dass die Wirkung mässiger Dosen eine rein lokale ist und im wesentlichen in einer Reizwirkung auf die Schleimhaut der Augen, Nase, Trachea besteht, wozu sich erst bei höheren Dosen Reizerscheinungen von Seite der Lunge gesellen: Hyperaemie, Katarrh, Katarrhalpneumonie. Die Schleimhäute gewöhnen sich aber bekanntlich an zahlreiche Reize ziemlich leicht, so dass es nicht unwahrscheinlich schien, dass auch an Ammoniak eine Gewöhnung möglich sei.

23. II.	a.	Oefters Niessen.
	p.	Ohne besondere Reizerscheinungen.
24. II.		—
25. II.	a.	Ohne besondere Reizerscheinungen.
	p.	—
27. II.	a	Ohne jegliche Reizerscheinungen.
	p.	Ohne jegliche Reizerscheinungen.
28. II.	a.	Ohne jegliche Reizerscheinungen.
	p.	Etwas Niessen.
1. III.	a.	Heftige Niessanfälle.
	p.	Etwas Niessen.
2 III	a.	Ohne besondere Reizsymptome.
4. III.	a	Heftiges Niessen.
	p.	Etwas Niessen.
5 III.	a.	Nichts zu bemerken.
	p.	Nichts zu bemerken.
6. III.	a.	Nichts zu bemerken.
	p	Erbricht 4 mal Schleim, niesst einige Male kräftig.
		—
7. III.	a.	Nichts zu bemerken.
	p.	Nichts zu bemerken.

hat also an Gewicht eher zugenommen.

Digitized by Google

Die Bestimmung geschah wie bei meinen früheren Ammoniakversuchen durch Absorption des Ammoniaks in $^1/_{50}$ Normalschwefelsäure und Zurücktitriren. Als Absorptionsgefässe dienten die von O. Schulz (Münch. med. Wochenschrift 1891, Nr. 37) für die Kohlensäurebestimmung empfohlenen hohen engen Glascylinder, in welche die ammoniakhaltige Luft durch eine fein ausgezogene Spitze in kleinen Blasen streicht. Es wurde der Versuch so eingerichtet, dass jedesmal 30 Minuten nöthig waren, um 6 l Luft durch die Schwefelsäure zu saugen. Controlversuche ergaben, dass bei diesem Absorptionsmodus die Absorption vollständig stattfindet.

Die grösste Versuchsreihe wurde an dem Hund »Ammon« gemacht, einem kräftigen, beim Beginn der Versuche im Juni 1893 etwa 2—3jährigen Thier unreiner Rasse (ziemlich kurzbeinig, glatt und kurzhaarig, Ohren hängend), der sich bis Mai 1897[1]) vortrefflicher Gesundheit erfreute, obwohl nach den Ammoniakversuchen noch mancherlei andere an ihm angestellt wurden (Chlor, Schwefelwasserstoff).

Die Versuche erstreckten sich über folgende Zeit:

6. VI. 93 — 16. VI. 93	$1^1/_2$ Wochen	Versuchsreihe und Tabelle I.
22. VI. 93 — 2. VIII. 93	$5^1/_2$ Wochen	Versuchsreihe und Tabelle II.
27. IX 93 — 19. XII. 93	12 Wochen	Versuchsreihe und Tabelle III.
29. V. 94 — 1. VII. 94	8 Wochen	Versuchsreihe und Tabelle IV.
24. VII. 94 — 27. VII. 95	Einzelne Ergänzungsversuche	und Tabelle V.

Die Temperatur der Kastenluft entfernte sich selten wesentlich von 22—26° C., genaue Aufschreibungen wurden hier nicht gemacht. Nur die heissesten Tage (28—34°) sind besonders durch ein Sternchen angezeichnet.

1) Im Juli 97 wurde er in guter Gesundheit getödtet.

Digitized by Google

Tabelle I.

NH_3-Versuche an Hund Ammon.

Erste Versuchsreihe. 6.—16. VI. 93.

Anfangsgewicht 7562 g, Endgewicht 7120 g, Abnahme 442 g.

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Augen	Allgemeinbefinden
5. VI. a. m.	0,19	4	0	0	Gut. Normal.
5. VI. p. m.	0,30	4	0	4	Schon nach 1 Std leichte Reizsymptome. Etwas Husten (aus dem Rachen), leichtes Niessen. Auffallend ist das heftige Niessen, sowie Reiben und Scheuern der ganzen Haut nach dem Herauslassen aus d. Käfig.
6. VI. a. m.	0,26	4	—	—	Symptome gering. Leichte Reizerscheinungen sind noch da, aber schwächer und seltener als am 5. VI. Auch das Niessen und Kratzen nach dem Versuch nimmt ab. Am 9. VI. bricht der Hund morgens Schleim und Galle, mittags sein Fressen.
6 VI. p m.	0,33	4	—	—	
7. VI a. m.	0,30	4	—	—	
7. VI. p. m.	0,29	4	—	—	
8. VI. a. m.	0,30	4	—	—	
8. VI. p. m.	0,35	4	—	—	
9. VI. a. m.	0,36	4	—	—	
9. VI. p. m.	0,26	4	—	—	
10. VI. a. m.	0,25	4	—	—	
10. VI p. m.	0,33	4	—	—	
11. VI.	—	—	—	—	Ruhe.
12. VI a. m.	0,26	4	—	—	Wie bisher.
12. VI. p. m.	0,32	4	—	—	
13. VI. a. m	0,31	4	—	—	
13. VI. p. m.	0,33	4	—	—	
14. VI. a. m.	0,55	4	0	1	Ueber das Befinden sonst nichts auffallendes notirt. ca. 26°.
*14. VI. p. m.	0,55	4	0	1	
15. VI. a. m.	—	—	—	—	Ruhe.
*15. VI. p. m.	0,5	4	—	—	Unruhig. Kratzt u. nagt. Dyspnoe, die auf den warmen Tag geschoben wird, um 5 u. 6¼ Uhr Erbrechen. Hund wälzte sich nach dem Herausnehmen wieder stark am Boden, rieb die Augen und Schnauze.
16. VI. a. m.	0,55	4	1	1	Von Zeit zu Zeit Räuspern, Niessen, Schlucken, zuweilen fast Würgen.

Aus dieser ersten Reihe folgt nur, dass bei wiederholten Versuchen 0,3 ‰ allmählich besser ertragen wurden, dass namentlich auch die Nachwirkung aufhörte. 0,5 bis 0,6 ‰ erzeugte aber unzweifelhafte Störungen (Speichelsecretion, Nasenbeissen, Kehlkopf- und Rachencatarrh, Augenthränen, zuweilen Erbrechen),

und auf's neue die Nachwirkungen, die bei 0,3‰ anfangs vorhanden gewesen, dann aber verschwunden waren. Es waren etwa am Schluss der ersten Versuchsreihe die Symptome bei 0,56‰ die gleichen wie anfangs bei 0,3‰.

Es wurde nun dem Hunde vom 17. VI. bis 22. VI. Ruhe gelassen und die Zeit zu einer Revision und Verbesserung der Versuchsanordnung verwendet.

Tabelle II.

Zweite Versuchsreihe. 22. VI. bis 2. VIII. 93.

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Augen	Allgemeinbefinden
22.VI. a. m.	0,42	4	0	0	Keine deutlichen Symptome
p. m.	0,67	4	0	1	Sonst wie a. m. Kratzt und wischt sich beim Herausnehmen.
23.VI. a. m.	0,8	4	1	—	Ab u. zu leichte Würgbewegungen. Wesentlich stärkere Reizerscheinungen wie bisher. (Cornea nicht beobachtet.
p. m.	0,78	4	0	—	Wie a. m.
24. u. 25.VI.	—	—	—	—	Ruhe.
26.VI. a. m.	0,96	4	—	1	Winselt zeitweise.
p. m.	0,88	4	—	2—3	Heult schwach. Häufig leichte Würgbewegungen. Leidet.
27.VI. a. m.	0,96	4	—	—	
p. m.	0,96	4	—	—	Hund stark belästigt.
28 VI. a. m.*	1,05	4	—	—	30°
p. m.*	0,86	4	—	—	30°
29 VI. a. m.*	0,9	4	—	—	26°
30.VI. a. m.*	0,99	4	1	.	27° Zeigt die gewöhnlichen Erscheinungen. Speicheln nur am Anfang u. Ende stark.
p. m.	0,96	4	1	—	
1.VII. a. m.	0,88	4	1	.	
p. m.	1,02	4	1	—	
2.VII.	—	—	—	—	Ruhe.
3.VII. a. m.	0,98	4	1	—	Wie 1. VII.
p. m.*	1,06	4	—	—	Erbricht 2mal grössere Mengen Schleim unter Würgen. Nach dem Herausnehmen wälzt er sich lange am Boden. Heftiges Niessen.
4.VII a. m.*	1,1	4	—	2	Sehr niedergeschlagen.
p. m.*	1,14	4	1	2	
5.VII. a. m.	1,13	4	!	—	Etwas weniger angegriffen wie 4. VII. p. m.

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Augen	Allgemeinbefinden
5. VII. p. m.	1,15	4	—	2—3	Augen meist geschlossen. Athmet stossweise durch den Mund in der halben Min. 60 mal. Auf eine Gruppe hastiger, kurzer Athemstösse folgt kurze Pause. Kopf in d. Ecke gedrückt. Liegt meist. Viel Räuspern und Würgen. Leidet ziemlich stark.
6. VII. a. m.*	1,21	4	1	—	Wie 5. VII. p. m.
p. m.	—	—	—	—	Ruhe.
7. VII. a. m.	—	—	—	—	Ruhe.
p. m.*	0,93	—	1 f	—	Jammert leise, stets etwas Speicheln, stets Nase in der Ecke.
8. VII. a. m	1,02	4	1	—	Wie am 7. VII.
p. m.	—	—	—	—	Ruhe.
9. VII. a. m.	—	—	—	—	Ruhe.
p. m.	—	—	—	—	Ruhe.
10. VII. a. m.	0,81	4	1	—	Ruhiger als die Tage vorher, nur unbedeutendes Würgen Athmung aber immer hastig, kratzt und leckt sich viel.
p. m.	0,89	4	1	—	
11. VII. a. m.	0,9	4	1	—	
p. m.	1,0	4	1	—	Stets liegend mit Kopf in Ecke. Athmet in hastigen Gruppen. Kein Würgen.
12. VII. a. m.	0,9	4	—	—	Wenig Symptome.
p. m.*	1,0	4	—	—	Wie am 11. VII. p. m. Nach dem Versuch bleibt er noch 1 Std ohne NH_3 im Kasten. Hitze, Dyspnoe.
13. VII. a. m.	1,1	4	1—3	1—2	Anfangs fast symptomlos Erst in der 3. Std. Zunahme d. Speichelns, dicker Schaum vor dem Maul, Augen $^3/_4$ geschlossen. Thränen spärlich Viel leicht Niessen u. Räuspern.
p. m.	1,2	4	1	1	Keine sehr starken Reizsymptome.
14. u. 15 a. m.	—	—	—	—	Ruhe.
15. VII. p. m.	0,88	4	1	1	Alter Zustand, nach $^3/_4$ Std. keine Symptome. Nach 50 Min. etwas Speicheln, jammert leise. Nach $1^3/_4$ Std. etwas Speicheln. Kühlere Temperatur, daher langsameres Athmen.
16. VII.	—	—	—	—	Ruhe.
17. VII. a. m.	0,68 bis 0,77	4	1	1	Wenig Speicheln. Keine besonderen Symptome von Belästigung.
p. m.	1,03	4	1	1—2	Anfangs ruhig. Nach 3 Std. etwas stärker afficirt, etwas mehr Speicheln, Thränen. Etwas Jammern, Unruhe, Andeutung von Würgen, Cornea ziemlich opak.

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Augen	Allgemeinbefinden
18. VII. a. m.	0,9	4	—	—	Keine Symptome.
p. m.	0,81	4	—	1	Keine besonderen Symptome. Feuchte, etwas opalesc. Augen.
19. VII a. m.	1,0	4	—	—	Wenig belästigt.
p. m.	0,88	4	—	—	
20. VII. a. m.*	0,94	4	0—1	—	Augen Spur opak.
p. m.*	0,94	4	0—1	—	Wie a. m. etwas unruhiger infolge grösserer Hitze.
21. VII. a. m.*	1,08	4	—	—	Unruhig, anfangs etwas Speicheln. Augen schwach opak.
p. m.*	1,02	4	—	—	Wie a. m.
22. VII. a. m.	1,01	4	—	—	Wie gestern. Hund aber ruhiger infolge
p. m.	1,02	4	—	—	kühleren Wetters.
23. VII.	—	—	—	—	Ruhe.
24. VII. a. m.	0,94	4	< 1	0	Ohne alle Symptome.
p. m.	1,21	4	1	1	Hund indolent in Ecke. Etwas Speicheln, etwas Thränen, jammert etwas zum Schluss.
25. VII. a. m.	1,37	4	1a—3gE	1—2	Anfangs ruhig, später leichtes Speicheln, nach 3 Std. heftiges, schaumiges Speicheln, wie noch kaum jemals. Cornea deutlich opak, ab und zu Thränen.
p. m.	1,23	4	2	1	Wie a. m., aber auch kein Jammern.
26. VII. a. m.	1,78	4	1	—	Keine besonderen Symptome. Mässiges Speicheln; keine Thränen bemerkt.
p. m.	1,5	4	1	—	Wie a. m.
27. VII. a. m.	1,34	4	—	—	Wie gestern.
p. m.	1,2	4	—	—	Keine Symptome.
28. VII. a. m.	1,6	4	1—2	—	Oefters schaumiges Speicheln.
p. m.	1,55	4	1—2	—	Wie a. m.
29. VII. a. m.	1,33	4	—	—	Ohne Symptome.
p. m.	1,51	4	—	—	
30. VII. a. m.	1,41	4	—	—	
p. m.	—	—	—	—	Ruhe.
31. VII. a. m.	1,0	4	0	0	Hund wohl!
p. m.	0,9	4	0	0	Hund wohl!
1. VIII. a. m.	0,9	4	0	0	Hund wohl!
p. m.	0,9	4	0	0	Hund wohl!
2. VIII. a. m.	1,17	4	0	0	Hund ganz normal!

Aufgabe der 2. Versuchsreihe war es gewesen, zu prüfen, ob nicht noch wesentlich höhere Ammoniakgehalte als 0,56 ‰

bei vorsichtiger Steigerung ertragen werden würden — das Resultat der sechswöchentlichen Versuche gestattet, diese Frage unbedingt zu bejahen. Während vom 26. VI. bis 8. VII. 93 die Dosis um 1‰ herum noch ziemlich schlecht vertragen wird und heftige Reizsymptome macht — wird etwa vom 10. VII. ab diese Dosis entschieden besser vertragen, mit Ausnahme der sehr schwülen Tage eigentlich recht gut, fast symptomlos. Der Versuch vom 24. VII. bis 30. VII., die Dosis bis auf 1,5 bis 1,7‰ zu steigern, hat recht befriedigenden Erfolg, wohl reagirt das Thier am 25. VII., als es zum erstenmal die Dosis 1,37‰ einathmet, noch recht empfindlich darauf, aber am 29. und 30. VII. wird diese Dosis und mehr — bis 1,5‰ — bereits symptomlos ertragen! Die drei letzten Tage zeigen den Hund an 1‰ tadellos gewöhnt.

Tabelle III.

Dritte Versuchsreihe. Hund Ammon. 27. IX. 93 bis 19. XII. 93.

Datum		‰	Dauer	Speichel	Auge	Allgemeinbefinden
27. IX. 1893		—	—	—	—	—
	p. m.	0,38	3	—	—	Symptomlos.
28. IX.	a. m.	0,7—0,78	4	> 0	—	Schliesst gegen Ende häufig die Augen. Sonst ganz ruhig.
	p. m	1,32	4	1	0	
29. IX.	a. m.	1,1	4	> 0	—	
	p. m.	1,25	4	—	—	Symptomlos. Wohl.
30. IX.	a. m.	1,27	4	—	—	
	p. m.	1,32	4	1	—	
1. X.		—	—		—	Ruhe.
2. X.	a. m.	1,0	4	—	—	
	p. m.	1,0	4	—	—	Symptomlos, d. h. wohl.
3. X.	a. m.	0,97	4	1	1	Wohl.
	p. m.	1,12	4	> 0	—	Augen trocken, Nase feucht, wohl.
4. X	a. m.	1,1	4	1	2	Augen häufig halb geschloss.
	p. m.	1,12	4	—	—	
5. X.	a. m.	1,1	4	1	1	
	p m.	1,0 4	4	1	1	
6. X.	a. m.	1,1	4	1	2	Wohl.
	p. m.	1,21	4	> 0	—	
7. X.	a. m	1,19	4	1	1	
	p m.	1,19	4	1	1	

Datum	
30. VII.	a. m.
	p. m.
2. VIII.	p. m
2. VIII.	p. m.
3. IX.	a. m.
	p. m.
4. IX.	a. m.
	p. m.
5. IX.	a. m.
	p. m.
6. IX.	a. m.
	p. m.
7. IX.	a. m.
	p. m.
11. IX.	p. m.
12. IX.	a. m.
	p. m.
13. IX.	p. m.
14. IX.	a. m.
	p. m.
16. IX.	a. m.
	p. m.
17. IX.	a. m.

Digitized by Google

Digitized by Google

Datum	‰	Dauer	Speichel	Auge	Allgemeinbefinden
8. X.	—	—	—	—	Ruhe.
9. X. a. m.	1,0	4	> 0	1	Wohl.
p. m	1,0	4	1	2	
10. X. a. m.	0,74	4	—	—	Hund ganz normal.
p. m.	0,88	4	—	—	
11. X. a. m	—	—	—	—	Ruhe.
p. m.	0,88	4	—	—	Hund ganz normal.
12. X. a. m.	0,86	4	—	—	
p. m.	0,85	4	2	2	Sonst normal.
13. X. a. m.	0,74	4	0	1	
p. m.	0,66	4	0	0	Normal.
14. X. a. m.	0,8	4	0	0	
p. m.	0,84	4	0	0	
15. X.	—	—	—	—	Ruhe.
16. X. a. m.	0,89	4	—	—	
p. m.	1,19	4	—	—	
17. X. a. m.	1,17	4	—	—	
p. m.	1,1	4	—	—	
18. X. a. m.	1,21	4	—	—	Verhalten ziemlich normal, d. h. Reizsymptome unbedeutend.
p. m.	1,16	4	—	—	
19. X. a. m.	1,11	4	—	—	
p. m.	1,17	4	—	—	
20. X. a. m.	1,19	4	—	—	
p. m.	1,14	4	—	—	
21. X. a. m.	1,17	4	—	—	
p. m.	1,18	4	—	—	
22. X.	—	—	—	—	Ruhe.
23. X. a. m.	1,14	4	—	—	
p. m.	1,12	4	—	—	
24. X. a m.	1,05	4	—	—	
p. m.	0,92	4	—	—	
25. X. a. m.	0,97	4	—	—	Verhalten ziemlich normal, d. h. Reizsymptome unbedeutend.
p. m.	0,90	4	—	—	
26. X. a. m.	1,08	4	—	—	
p. m.	1,1	4	—	—	
27. X. a. m.	1,08	4	—	—	
p. m.	0,99	4	—	—	
28. X. a. m.	0,92	4	—	—	
p. m.	0,92	4	—	—	
29. X.	—	—	—	—	Ruhe.
30. X. a. m.	1,03	4	—	—	Reizsymptome unbedeutend.
p. m.	1,12	4	—	—	

Datum		%	Dauer	Speichel	Auge	Allgemeinbefinden
1. XI.		—	—		—	Ruhe
2. XI.	a. m.	0,93	4	—	—	
	p. m.	0,92	4	—	—	
3. XI.	a. m.	1,12	4	—	—	Normal, d. h. ohne Reizsymptome.
	p. m.	1,12	4	—	—	
4. XI.	a. m.	1,12	4		—	
	p. m.	1,12	4	—	—	
5. XI.		—	—	—	—	Ruhe.
6. XI.	a. m.	1,06	4	—	—	
	p. m.	1,06	4	—	—	
7. XI.	a. m	1,03	4	—	—	
	p. m.	1,06	4		—	
8. XI.	a. m.	1,12	4	—	—	
	p. m.	1,10	4	—	—	Normal, d. h. ohne besondere
9. XI.	a. m.	0,99	4	—	—	Reizsymptome.
	p. m.	0,99	4	—	—	
10. XI.	a. m.	0,99	4	—	—	
	p. m	0,95	4	—	—	
11. XI.	a. m.	0,97	4	—	—	
	p. m.	0,92	4	—	—	
12. XI.		—	—	—	—	Ruhe.
13. XI.	a. m.	1,02	4	—	—	
	p. m.	1,08	4	—	—	
14. XI.	a. m.	1,12	4	—	—	
	p. m.	0,99	4	—	—	
15. XI.	a. m.	0,90	4	—	—	
	p. m.	0,98	4	—	—	Normal, d. h. ohne besondere
16. XI.	a. m.	1,14	4		—	Reizerscheinungen.
	p. m.	1,10	4	—	—	
17. XI.	a. m.	1,06	4	—	—	
	p. m	1,04	4	—	—	
18 XI.	a. m.	1,08	4	—	—	
	p. m.	1,08	4	—	—	
19 XI.		—	—	—	—	Ruhe.
20. XI.	a. m.	1,25	4	—	—	
	p. m.	1,36	4	—	—	
21. XI	a. m	1,06	4	—	—	
	p m.	1,14	4	—	—	Normal, d. h. ohne besondere
22 XI.	a. m.	1,21	4	—	—	Reizerscheinungen.
	p. m	1,21	4	—	—	
23. XI.	a. m.	1,16	4	—	—	
	p. m.	1,12	4	—	—	

Digitized by Google

Datum	‰	Dauer	Speichel	Auge	Allgemeinbefinden
24. XI. a. m.	1,10	4	—	—	Ohne besondere Reizerscheinungen.
p. m.	1,43	4	—	—	
25. XI. a. m.	1,10	4	—	—	
p. m.	1,54	4	—	—	
26. XI.	—	—	—	—	Ruhe.
27. XI. a. m	1,08	4	—	—	Ohne besondere Reizerscheinungen.
p. m.	1,08	4	—	—	
28. XI. a. m.	1,23	4	—	—	
p. m.	1,12	4	—	—	
29. XI.	—	—	—	—	Ruhe.
30. XI.	—	—	—	—	Ruhe.
1. XII. a. m.	1,06	4	—	—	Ohne besondere Reizerscheinungen.
p. m.	1,10	4	—	—	
2. XII. a. m.	—	—	—	—	Ruhe.
p. m.	1,17	4	—	—	Ohne bes. Reizerscheinungen.
3. XII.	—	—	—	—	Ruhe.
4. XII. a. m.	1,19	4	—	—	Ohne besondere Reizerscheinungen.
p. m.	1,12	4	—	—	
5. XII. a. m.	—	—	—	—	Ruhe.
p. m.	1,08	4	—	—	Ohne besondere Reizerscheinungen.
6. XII. a. m.	1,34	4	—	—	
p. m.	1,23	4	—	—	
7. XII. a. m.	1,47	4	—	—	
p. m.	1,43	4	—	—	
8. XII.	—	—	—	—	Ruhe.
9. XII. a m.	1,28	4	—	—	Ohne besondere Reizerscheinungen.
p. m.	1,25	4	—	—	
10. XII.	—	—	—	—	Ruhe.
11. XII. a. m.	1,39	4	—	—	Ohne besondere Reizerscheinungen.
p. m.	1,19	4	—	—	
12. XII. a. m.	—	—	—	—	Ruhe.
p. m.	1,43	4	—	—	Ohne bes. Reizerscheinungen,
13. 14. 15. a. m.	—	—	—	—	Ruhe.
15. XII. p m.	1,31	4	—	—	Ohne bes. Reizerscheinungen.
16 u 17. XII.	—	—	—	—	Ruhe.
18. XII. a. m.	1,47	4	—	—	Ohne besondere Reizsymptome, d. h. normal, ruhig, wohl — bis ziemlich wohl.
p. m.	1,54	4	—	—	
19. XII. a. m.	1,39	4	—	—	
p. m.	1,10	4	—	—	

Zur 3. Versuchsreihe kam Hund Ammon, nachdem er 8 Wochen lang im Stall ohne Ammoniak gelebt hatte. Es war einmal von grossem Interesse, ob die erworbene Resistenz in

den 8 Wochen sich erhalten habe. Die Frage muss bejaht werden, schon im 3. vierstündigen Versuch wurde ihm 1,38‰ zugeleitet — ohne nennenswerthe Wirkung. Zweitens bezweckte ich durch den langen Versuch mich zu überzeugen, ob denn die Dosis, an die einmal Gewöhnung erreicht war, auch Monate lang Tag für Tag vertragen werde, oder ob chronische Schädigungen schliesslich hervortreten würden. Von solchen Störungen wurde nichts bemerkt, vom 28. IX. bis 19. XII., d. h. ca. 12 Wochen vertrug das Thier den täglich achtstündigen Aufenthalt bei 0,8 bis 1,5‰ (meist bei 1 bis 1,1‰) vortrefflich. Es muss der Hund an Dosen bis zu 1,5‰ gewöhnt bezeichnet werden.

Tabelle IV.

IV. Versuchsreihe (Hund Ammon) 29. V. 94 bis 1. VII. 94.

Die ganze Versuchszeit vom 29. V. bis 29. VI. meist kühl und wenig warm. Warm sind 24. VI, 29. und 30. VI., 4 VI.

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Auge	Abnahme	Allgemeinbefinden
29. V. p. m.	2,5	2	3	3	150	Hund Anfangs ruhig. Nach 1 Std. wenig Würgen, starkes Speicheln. Nach 1½ Std. starkes Würgen, sehr unruhig. Räuspern, Würgen, Wandern u. Brechreiz hält bis Schluss an. Erbricht galligen Schleim. Speicheln wird gegen Ende schwächer. Augen meist geschlossen.
30. V. a. m.	1,81	2	1	2	42	Hund Anfangs ruhig; etwas Speicheln und thränende Augen, gegen Schluss unbehaglich, drückt oft die Augen zu. Sonst keine Symptome.
p. m.	1,11	3	1a	1	35	Anfangs schaumiges Speicheln und Thränen. Liegt dann still in seiner Ecke, speichelt fast nicht mehr bis Schluss. Augen scheinen am Ende zu schmerzen. Nach dem Herausnehmen bekommt er Wasser, nimmt aber keines.
31. V. a. m.	1,13	3	1	1—3	30	Hund Anfangs feuchte Augen. Weiter keine Symptome. Nach 2 Std. unruhig, Thränen.

Digitized by Google

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Auge	Abnahme	Allgemeinbefinden
31. V. p. m.	1,36	4	0—1	1—2	40	Nach ¾ Std. normal, wenig Speichel. Nach 1¾ Std. Thränen. Liegt immer ruhig, leidet.
1. VI. a. m.	1,42	3¾	0—1	1	35	Ohne besondere Reizerscheinungen. Gegen Ende Thränen.
p. m.	1,82	2	0—1	1	40	Etwas unruhig, sonst wie a. m.
2. VI. a. m.	1,83	3	0—1	1—2	45	Hund normal, wenig Speichel, zum Schluss feuchte Augen.
p. m.	1,82	4	> 0	1 z	45	Wie a. m.
3. VI.	—	—	—	—	—	Ruhe.
4. VI. a. m.	1,73	3½	> 0	1 z	60	Ruhig, liegt mit Schnauze in seiner Ecke.
p. m.	1,73	3¾	> 0	1 z	50	Wie a. m.
5. VI. a. m.	1,66	3¾	0	0	70	Normal. Nach dem Herausnehmen wälzt er sich viel am Boden.
p. m.	2,21	3¼	1	0	75	Im Ganzen wenig aber meist schaumiges Speicheln. Fühlt sich sehr unbehaglich.
6. VI. a. m.	2,05	3½	3	0	65 (?)	Meist kräftiges, schaumiges Speicheln. Sonst ohne besondere Reizerscheinungen. Nach dem Herausnehmen reibt er sich stark die Schnauze.
p. m.	2,05	4	1 f	0—1	100	Im allgemeinen wohl. Nach Herausnehmen starkes Räuspern.
7. VI. a. m.	1,73	1¾	3 f	1	80 (?)	Von Anfang an starkes anhaltendes Speicheln. Augen viel geschlossen. Beisst Holz und Glas zusammen, sehr unruhig. Ist dem einströmenden Gas direct ausgesetzt. Nach Herausnehmen heftiges Niessen, säuft begierig Wasser, ist nicht munter wie sonst.
p. m.	1,73	3¾	2	g ε 1	90	Meist ruhig. Mittelkräftiges Speicheln, gegen Ende wenig.
8. VI. a. m.	1,85	3¾	1—3	0	120	Im ganzen ruhig. Anfangs wenig, später kräftiges Speicheln.
p. m.	2,09	3½	3	2	190	Unruhig, angegriffen.
9. VI. a. m.	1,81	4	2	1 z	140	Anfangs ruhig, dann unbehaglich.
p. m.	1,82	4	4	3	320	Unruhig, kräftiges anhaltendes Speicheln. Leidet.
10. VI.	—	—	—	—	—	Ruhe.
11. VI. a. m.	1,07	4	1	g ε 2	90	Im allgemeinen ruhig, wohl.

Digitized by Google

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Auge	Abnahme	Allgemeinbefinden
11. VI. p. m.	2,09	4	3	2	130	Im allgemeinen ruhig, leidet.
12. VI a. m.	2,05	4	2	< 2	160	Unbehaglich, leidet, aber auffallend ruhig.
p. m.	1,93	3¼	1	0	60	Sehr ruhig.
13 VI. a. m.	1,97	4	2 f	2	90	Ruhig. Augen meist offen.
p. m.	1,9 dann 2,3 dann 1,9	2½ ½ 1			190	Verhalten wie a. m. Bei 2,3‰ schäumt er sofort heftig, reisst d. Einrichtung zusammen, Thränen, fortwährendes Blinzeln (Zwinkern). Nachher wieder bei 1,9, wo er sich bald wieder sehr ruhig (ohne besond. Sympt.) verhält.
14. VI a. m.	B 1,66 A 2,13	2½	—	—	130	Versuch und Symptome wie 13. VI. p. m. Befindet sich erst 1 Std. leidlich bei 1,66, dann 1½ Std. sehr unbehaglich bei 2,13. Nach dem Versuch reibt er sich heftig Schnauze und Nase.
p. m.	—	—	—	—	—	Ruhe.
15., 16., 17., 18 a. m.	—	—	—	—	—	Ruhe.
18. VI. p. m.	2,05	4	1-2 f	1	140	Ruhig, mit Schnauze in Ecke, Augen meist offen.
19. VI. a. m.	2,08	3¾	4—2	3—2	180	In der ersten Stunde stark belästigt, leidet. Dann weniger starke Symptome. Zum Schluss ziemlich ruhig.
p. m.	2,2	4	2 f	1—0	150	Ohne besondere Reizerscheinungen.
20. VI. a. m.	2,5	4	4-3 f	3—2	240	Wie 19. VI. a. m. Reizerscheinungen noch etwas stärker. Speichelt anhaltender.
p. m.	2,32	3¼	1 f-3	1—2	280	Anfangs ruhig, speichelt anhaltend. Zum Schluss stärkere Reizsympt. (Häufiges Augenzwinkern). Leidet
21. VI. a. m.	2,50	3½	3-1 f	2 z	270	Speichelt sofort kräftig. Sehr unruhig, zwinkert beständig mit den Augen, letztere thränen. Zum Schluss Reizsymptome schwächer, wird ruhiger. Leidet!
p. m.	1,2	3¾	2	0—1	110	Speichelt mittelkräftig. Fühlt sich zum Schluss unbehaglich.
22. VI. a. m.	0,0	4	3—0	0	100	Im Kasten. Speichelt anfangs kräftig, dann fast ½ Std. mittelkräftig, Augen trocken, kein Unbehagen, öfters Winseln. (Angst?)

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Auge	Abnahme	Allgemeinbefinden
22. VI. p. m.	0,0	4	1—0	0	60	Im Kasten. Erst wenig Speicheln, dann nicht mehr. Behaglich. Winselt aus Ungeduld und Begierde, hinaus zu kommen.
23. VI. a. m.	0,0	4	0	0	35	Im Zimmer! Zeitweise ruhig, dann Winseln, wie im NH_3-freien Kasten.
p. m.	0,0	4	0	0	50	Im Zimmer. Wie a. m. Streckt die Zunge heraus u. s. w.
24. VI.	—	—	—	—	—	Ruhe.
25. VI. a. m.	0,0	4	0	0	—	Im Kasten. Verhält sich, als ob kein NH_3 im Kasten wäre. Nichts zu bemerken. Wohl.
p. m.	0,0	4	0	0	30	Verhält sich, als ob kein NH_3 in der Kammer wäre.
26. VI. a. m.	0,90	$3^3/_4$	0	0	30	Ohne besondere Reizerscheinungen.
p. m.	1,1	4	> 1	1 ge	60	Sonst wie vormittags.
27. VI. a. m.	1,3	4	1	1 ge	35	Ruhig.
p. m.	1,35	4	> 0	0—1 ge	50	Ruhig, nicht ganz behaglich, aber nicht infolge NH_3. Hat Langeweile.
28. VI. a. m.	1,25	4	> 0	—	50	Ruhig, ohne weitere Symptome.
p. m.	1,5	4	> 0 f	0-1-2	50	In den ersten 2 Std. ruhig, minimales Speicheln. In der letzten $^1/_2$ Std. Augen feucht. Häufiges Zwinkern; recht unbehaglich.
29. VI.	—	—	—	—	—	Ruhe.
30. VI. a. m.*	0,85	$3^1/_4$	0	0	30	Verhält sich, als ob kein NH_3 im Kasten wäre.
p. m.*	1,6	3	0—1	0—2	80	Anfangs ohne Symptome. Zum Schluss etwas Speicheln und feuchte Augen. Conjunctiva entzündet.
1. VII. a. m.*	1,6	4	0-1 f	0	185	Sonst ohne besondere Reizerscheinungen.
p. m.	1,55	$3^1/_2$	0-1 f	0	190	Wie vormittags.

Vom 12. XII. bis 29. V. hatten mich anderweitige intensive Arbeiten an der Fortsetzung der Respirationsversuche gehindert, der Hund war ruhig im Stall gewesen und hatte dabei sein Gewicht auf 8347 g gebracht. Die vierte Versuchsreihe vom 29. V. bis 1. VII. wollte abermals prüfen, ob sich die Resistenz erhalten habe, zweitens sollte aber erprobt werden, ob sich nicht eine

Resistenz gegen noch höhere Ammoniakwerthe erreichen lasse. Als weiteren Maassstab der Toleranz suchte ich die Gewichtsabnahme während der Versuchszeit heranzuziehen. Die Werthe sind aber nur mit Kritik zu benützen. Es ist zwar unzweifelhaft, dass eine geringe Gewichtsabnahme fast immer als Zeichen guten Befindens anzusehen ist, grosse Gewichtsabnahme bedeutet meist starke Speichelsecretion aber auch vermehrten Wasserverlust durch verstärkte Athmung. Letztere wird aber theils durch Unbehagen und Aufregung, theils durch besonders heisse Tage bedingt. Endlich verursacht Erbrechen und Kothlassen auch zuweilen erhebliche Gewichtsabnahmen.

Ich glaube, dass man folgendes Resultat aus den Versuchsergebnissen der 4. Versuchsreihe ablesen darf: Die Gewöhnung hat sich in der fünfmonatlichen Pause nicht wesentlich vermindert, denn ohne besonderes Unbehagen, ohne stärkere Speichelsecretion wird von Anfang an 1,1 bis 1,4 ertragen, auch Steigerung des Gehaltes bis 1,8 bis 2‰ wird bis auf etwas Augenthränen und leichtes Speicheln vom 1. bis 5. VI. leidlich ertragen.

Als aber diese Dosen von 2‰ längere Zeit fortgesetzt werden und gar versucht wird, sie auf 2,5‰ zu erhöhen, da zeigen sich stärkere und schliesslich heftige Reizsymptome, das Thier leidet ernstlich — so dass ich nicht wagte die Dosis mehr zu steigern und 1,5 bis 1,8 als den Maximalwerth bezeichnen muss, an den mir eine Gewöhnung gelang.

Tabelle V.

V. Versuchsreihe an Hund Ammon. Ergänzungsversuche.

Von diesen Versuchstagen sind 24. VII. und 25. VII. 94 und 27. VII. 95 sehr heiss, die anderen etwas kühl.

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Auge	Abnahme	Allgemeinbefinden
24 VII. 94 p. m.	1,3	3,0	>0f	0—1	90	Gegen Ende etwas belästigt. Zimmertemperatur 30° C.

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Auge	Abnahme	Allgemeinbefinden
25. VII. p. m.	1,1	3,0	1	1 g	250	Zimmertemperatur 34° C. Hund wird durch die unerträgliche Hitze so matt, dass er nach dem Herausnehmen kaum stehen kann. Athmet beständig bei weit geöffnetem Rachen und weit herausgestreckter Zunge. Erst nach ½ Std. erholt er sich.
26. VII. p. m.	0,6	3	0	0	50	Normal, ohne jegliche Beschwerde.
27. VII. a. m.	1,2	3¼	1 g e	1 g e	60	Sonst normal, } d. h. ohne besondere Symptome: Wohl!
p. m.	1,4	3¼	»	»	100	Sonst normal, }
28. VII. a. m.	1,4	3½	0	0	100	Völlig normal, }
p. m.	—	—	—	—	—	Ruhe.
30 VII. p. m.	2,0	3	3 f	3	190 kühl	Verhält sich ruhig Speichelt anhaltend stark schaumig. Conjunctiva stark entzündet. Leidet. Augenzwinkern. Schliesst oft lange die Augen. Nach dem Herausnehmen heftiges Niessen u. Reiben der Augen und Schnauze.
11. VIII. p. m.	2,0	3	3 f	3	230 kühl	Entzündete Conjunctiva. Sofort stark. anhaltendes schaumiges Speicheln. Oft Würg-, Schluck- und Brechbewegungen. Kann diese Concentration nicht länger ertragen.
						Nun wird mit Hund Ammon bis 4. X. 94 kein Versuch gemacht.
4. X. p. m.	1,26	3	> 0	1	55	Ruhig. Sitzt aufrecht im Kasten. Etwas Zwinkern. Augen hie und da kurz geschlossen.
5. X. p. m.	1,7	3	3 f	1—2	205	Zimmertemperatur 18° C. Ruhig. Speichelt mittelkräftig bis zum Schluss. Augen feucht, häufiges Zwinkern. Hie und da Augen kurz geschlossen. Sitzt meist mit erhobenem Kopf.

Datum	‰	Dauer in Stunden	Speichel	Auge	Abnahme	Allgemeinbefinden
27. VII. 1895	2,1	3	2f	1	nicht bestimmt	Zimmertemperatur 28° C. Gewicht 10 Kilo. Nach 1 Std. Erbrechen, niesst. Speichelt anhaltend, jedoch nicht stark. Erbricht später abermals, frisst es wieder. Hund ruhig, aber angegriffen.

Die Ergänzungsversuche bestätigten lediglich die früher erhaltenen Resultate. Ende Juli 94 wird wieder bei normaler Temperatur 1,4 gut ertragen[1]), auch im October 1894 bringt 1,26 nur minimale, 1,7 dagegen recht starke Wirkung hervor. 2‰ wirkt jedesmal als starker Reiz, unter dem das Thier in einem vierstündigen Versuch stets etwas leidet. — Ein volles Jahr nach den zur Gewöhnung führenden Versuchsreihen, wirkt am 27. VII. 95 2,1‰ etwa gerade so stark wie ein Jahr zuvor.

Die Erfahrungen an Hund Ammon mit Ammoniak gestatten also folgende Schlüsse:

1. Auf den noch nie in Ammoniak gewesenen Hund wirkt in den ersten Versuchen 0,3‰ etwa so stark wie später 1,5‰, 0,5‰ etwa so stark wie 2,0‰.
2. An die Dosis 1,0 bis 1,4 erscheint eine vollkommene Gewöhnung möglich in dem Sinne, dass der Aufenthalt in dieser Gasmischung ohne besondere Reizsymptome möglich ist, während anfangs schon ein Gehalt von 1‰ starke Reizerscheinungen auslöst.
3. Auch der monatelange täglich 8 Stunden dauernde Aufenthalt in Gehalten von 1,0 bis 1,4‰ Ammoniak schadet

1) Bei abnormer Hitze 34° C. leidet der Hund schon bei 1,1‰ sehr stark, und verliert dabei aber auch trotz bescheidenen Speichelns 250 g Wasser, offenbar grossentheils in Dampfform von der ausgestreckten Zunge aus. An solchen Tagen wären besser Thierversuche unterblieben.

Digitized by Google

dem Hunde nichts — ein Symptom einer chronischen Ammoniakwirkung war nicht zu beobachten.

4. Die erreichbare Gewöhnung wird in wenig Wochen erreicht — lässt sich vielleicht schon in 2 Wochen erreichen — sie hält mindestens monatelang an, nachdem der Aufenthalt in dem Gase längst aufgehört hat.
5. Ueber 1,6 bis 1,0‰ hinaus liess sich an Hund Ammon die Gewöhnung nicht steigern, hielt er auch ab und zu diese Dosen ja 2,0‰ ohne besondere Schädigung aus, so reagirte er ein anderesmal sehr lebhaft dagegen.
6. Das Körpergewicht des Hundes betrug am 6. VI. 93 7562 und ging während der ersten Versuchsreihe, bei der niemals 0,55‰ überschritten wurde, auf 7120 herunter. Während der 2. Versuchsreihe, 22. VI. bis 2. VIII. 93, war auch das Gewicht von 7120 bis 7150 vorherrschend. Bei den Versuchen im September 93 wog er anfangs 7562, das Endgewicht wurde nicht notirt. Im Winter 93/94 erhöhte der Hund, der nicht zu Versuchen zu dienen hatte, im Stalle sein Gewicht auf 8347. Dasselbe schwankt vom 28. V. bis 30. VII. 94 nur von 8035 bis 8580 bald etwas zunehmend, bald abnehmend. Aus den Gewichten geht nur hervor, dass der Hund namentlich später von den Versuchen nicht ernstlich angegriffen wurde.

Ammoniakversuche an den Hunden Fidel und Mingo.

Zur Erprobung der Allgemeingültigkeit der an Hund Ammon gemachten Beobachtungen wurden noch an zwei anderen Hunden Versuche angestellt: »Mingo« war ein mittelstarker, kurzhaariger, gutgenährter, ca. einjähriger, weiss- und schwarzgefleckter Jagdhundbastard (Gewicht 6940 g). »Fidel« ein ½ Jahr alter, fetter kurzhaariger, rothgelber Rattenfänger (7700 g schwer). — Am Ende der 20tägigen Versuchsreihe wog »Mingo« 7850 g, hatte also um 910 g zugenommen, »Fidel« 7550, hatte also um 150 g abgenommen.

Tabelle VI. **NH_3-Versuche mit Mingo und Mingo:**

Datum	$^0/_{00}$	Zimmertemp. °R.	Dauer in Stunden	Speichel	Abnahme in g	Allgemeinbefinden
3. VIII. a. m.	0,65	19	3	0	30	Normal: d. h. ohne besondere Reizerscheinungen.
p. m.	0,95	20	3	0	55	Schläft während der 1. Std. Nach 1¾ Std. Würg- und Brechbewegungen, unruhig, unbehaglich, wechselt öfters den Platz. Nach 2¼ Std. Brechbewegungen halten an; häufiges Schlucken.
4. VIII. a. m.	1,26	19	3½	0	50	Während der 1. Std. (Conc $1^0/_{00}$) normal. Dann häufig (Conc. $1{,}26^0/_{00}$) Brech- und Würgbewegungen. Stimmbänder stark angegriffen, räuspert sich. Von ¾11 bis 12 Uhr 25 Min. normal.
p. m	0,0	—	3	—	—	Liegt während 3 Std. langgestreckt mit Kopf auf Boden. Hustet vor und nach dem Versuch stark. Immer noch stark angegriffene Stimmbänder.
5. VIII.	—	—	—	—	—	Ruhe.
6. VIII. a. m.	1,55	20	4	0	55	Nach 1¾ Std. niesst er gewaltig, würgt dazwischen, Maul geröthet. Liegt langgestreckt mit Kopf platt auf Boden. Scheint subjectiv nicht zu leiden. Immer noch stark angegriffene Stimmbänder. Hustet sehr häufig.
p. m.	2,13	20	3½	—	30	Im Zimmer.
7. VIII.	—	—	—	—	—	Ruhe.
8. VIII. a. m.	2,0	19	3½	0	125	Immer noch Husten u. stark angegriffene Stimmbänder. In den ersten 2 Std. andauerndes Husten, Würgen, Erbrechen von wenig Schleim, Schlucken. Beschleunigtes Athmen. Sehr unruhig. Leidet. In der letzten Stunde Verhalten so, als ob kein NH_3 im Kasten wäre.
p. m.	3,0	21,5	1½	0—1	60	Beständ. Jammern, Würgen, Schlucken, Augen trocken, meist geschlossen Wenig Speicheln. Niesst häufig und kräftig.
9. VIII. a. m.	2,0	19	3½	2 g s	60	Normal, jedoch unbehaglich, niesst, so oft er sich stärker bewegt.

Fidel. 3. VIII. bis 23. VIII. 94. Tabelle VI.

Fidel:

Speichel	Auge	Abnahme in g	Allgemeinbefinden
>0 g E	0	50	Normal; gegen Ende minimales Speicheln.
> 0	0	45	Schläft während der 1. Std. Nach 1¾ Std. minimales Speicheln. Oefters Niessen, wenig Brechbewegungen, wenig Schluckbewegungen.
> 0	0	50	Während der 1. Std. normal. Dann etwas Speicheln, niesst sehr häufig und heftig, keine Brech- und Würgbewegungen. Unbehaglich. Ist weniger angegriffen als Mingo.
—	--	—	Fidel ist munter, hat Langeweile.
—	—	—	Ruhe.
> 0	3 g E	70	Erst zum Schluss (12 Uhr 45 Min.) stark angegriffen, etwas Speicheln, Augen nass, geschlossen. Leidet.
>0-1	2	50	Meist ruhig mit Nase in einer Ecke liegend. Leidet.
—	—	—	Ruhe.
1 f	2—3	40	Leidet sehr. Etwas weniger Würg- und Brechbewegungen als Mingo. Speichelt beständig wenig. Hat etwas Schleim erbrochen, den er wieder frisst. In den letzten Stunden Verhalten, als ob kein NH_3 im Kasten wäre.
3 f	3—4	550	Beständiges Jammern, Würgen, Schlucken. Speichelt ununterbrochen stark, nasse, thränende Augen. Erbricht Schleim, lässt Koth. Sucht beständig aus Kasten zu kommen. Aeusserste Grenze des Ertragens. **Leidet stark.**
1 g E	0	50	Anfangs normal. Niesst, so oft er sich stärker bewegt. Nach 3 Std. etwas Speicheln. Stimmbänder etwas angegriffen.

Digitized by Google

Mingo:

Datum	%	Zimmertemp. °R	Dauer in Stunden	Speichel	Abnahme in g	Allgemeinbefinden
9. VIII. p. m.	2,1	19,5	3	0	40	In den ersten 2 Std. normal, aber unbehaglich, Augen trocken. Liegt immer ruhig. Jammert öfters.
10. VIII. a. m.	2,0	18	4	0	40	Liegt ruhig, mit meist geschlossenen, trockenen Augen auf dem gleichen Platz.
p. m.	2,1	18	3	0	40	Wie a. m. Husten und Niessen minimal, jedoch öfters Räuspern.
11. VIII. a. m.	1,9	18,5	4	0	30	Ruhig. Bei stärkeren Bewegungen Niessen und leichtes Schlucken. Erträgt diese Concentration, ohne zu leiden.
p. m.	2,0	18,5	3	0	30	Wie a. m
12. VIII.	—	—	—	—	—	Ruhe.
13. VIII. a. m.	2,2	17,5	$3^1/_2$	0	40	Ruhig. Nur bei stärkeren Bewegungen Niessen und Schlucken. Jammert öfters in singendem Ton
p. m	2,2	18,5	$3^1/_2$	0	30	Wie a. m.
14. VIII. a. m.	2,2	18	$3^1/_2$	0	40	Wie gestern. Kein Jammern (Jammert auch, nachdem $^1/_4$ Std. kein NH_3 eingeleitet wird)
p. m.	2,1	19	$3^1/_2$	0	60	Wie a. m. Liegt beständig an einem Platz.
15. VIII.	—	—	—	—	—	Ruhe.
16. VIII a. m	2,37	18	$3^1/_2$	0	50	Ruhig, b. starker Bewegung etwas Niessen.
p. m.	2,37	18,5	3	0	60	Wie a. m.
17. VIII. a. m.	2,37	19	$3^1/_2$	1	50	Wie 16. VIII. Ganz ruhiges Verhalten.
p. m.	2,3	18	3	1	30	Wie a. m.
18. VIII. a. m.	2,7	17	$3^1/_2$	1—2	80	Ruhig, Augen und Nase normal, speichelt mit kurzen Unterbrechungen, oft in dünnen Fäden, Augen meist halb, oft ganz geschlossen (ohne Zwinkern). Liegt beständig an einem Platz mit Nase platt auf Boden, Nase in einer bestimmt. Ecke.
p. m.	2,7	17,5	3	1-2-3	50	Wie a. m. Etwas mehr Speicheln.
19. VIII.	—	—	—	—	—	Ruhe
20. VIII. a. m.	2,6 bis 2,7	17	4	1-2 f	100	Anfangs unruhig, häufiges Hin- und Herlaufen, heftiges Niessen, dann Ruhe und anhaltend wenig Speicheln. Augen normal, oft geschlossen.
p. m.	2,6	16,5	3	1-2 f	30	Wie a. m. Speicheln noch weniger, kein Hin- und Herlaufen.

Fidel:

Speichel	Auge	Abnahme in g	Allgemeinbefinden
1 g E	1 m g	60	Nach 2 Std. beständig wenig Speicheln, Augen feucht, meist geschlossen. Unruhig, jammert.
> 0	1	40	Unruhig, wechselt oft den Platz, Augen feucht, häufig geschlossen, minimales Speicheln.
> 0	1	50	Etwas ruhiger als a. m. Minimales Husten und Niessen. Oefters Räuspern und wenig Würgen.
1	1	60	Unruhig. Bei starken Bewegungen Niessen und Würgen. Niesst immer, wenn Mingo niesst. Stimmbänder etwas angegriffen.
1	1	30	Wie a. m.
—	—	—	Ruhe.
> 0	1	50	Unruhig, läuft hin und her. Etwas feuchte Augen. Hie und da Brechbewegungen.
> 0	1	50	Wie a. m.; etwas ruhiger.
> 0	1	60	Ruhig. Behält meist seine Lage bei.
> 0	1	40	Ruhig, schläft viel.
—	—	—	Ruhe.
> 0	1	70	Ruhig, meist auf einem Platz liegend. Etwas feuchte Augen.
> 0	1	30	Wie a. m.
1	1	50	Ruhig. Oefters starkes Niessen.
1	> 0	40	Wie a. m.
1 f	0	40	Ruhig. Augen und Nase normal. Speichelt beständig, aber wenig. Liegt meist an einem Platz, Nase in einer bestimmten Ecke, Kopf platt auf Boden.
1 f	0	20	Wie a. m. Ruhig. Cornea etwas angegriffen.
—	—	—	Ruhe.
—	—	55	Wie Mingo. Speicheln beständig in Tropfen.
—	—	30	Wie a. m.

Mingo:

Datum	%	Zimmertemp. °R.	Dauer in Stunden	Speichel	Abnahme in g	Allgemeinbefinden
21. VIII. a. m.	2,6	15	3½	1 f	30	Fast durchweg ruhig. Hie u. da heftiges Hin- u. Herlaufen mit Niessen; speichelt beständig, aber wenig. Augen und Nase normal, Stimmbänder etwas angegriffen.
p. m.	3,0	16,5	3	1 f	30	Wie a. m. Hustet hie und da mit rauher Stimme.
22. VIII. a. m.	2,5	16,5	4	1	70	Ruhig, Augen und Nase normal. Cornea etwas opak. Stimmbänder etwas mehr angegriffen. Hie u. da Husten, Würgen, Niessen. Speichelt wenig u. mit Unterbrechungen. Erbricht etwas Schleim. Scheint nicht ganz wohl zu sein.
p. m.	3,6	17	3¼	1	60	Verhalten wie heute morgens.
23. VIII a. m.	3,1	17,5	3½	1	70	Ruhig, Augen und Nase normal, hustet, Stimmbänder angegr., speichelt wenig.
p. m.	0	18	3	—	30	Normal. Nicht krank, hustet nicht.

Die Ergebnisse aus diesen Versuchen lauten:

1. Beide Hunde waren gegen Ammoniak von Anfang an wesentlich unempfindlicher, wie unser erster Versuchshund Ammon: 0,65‰ wurden gleich am ersten Tag gut vertragen, erst 0,95 bis 1,26‰ machte deutlichere Störungen: Brech- und Würgbewegungen, Räuspern, Angegriffensein der Stimmbänder etc.
2. Eine Gewöhnung ist auch bei diesen Hunden unverkennbar. Während am 8. VIII. 2 und 3‰ von Mingo schlecht, von Fidel sehr schlecht ertragen werden, werden später 2‰, endlich 3‰ ohne besondere Störungen ertragen, etwa mit den gleichen Symptomen wie anfangs 0,7 bis 1,0‰ — nur ein Kehlkopfkatarrh bleibt dabei bestehen.
3. Der Versuch ist nicht lang genug fortgesetzt, um mit Sicherheit angeben zu können, welche Maximaldose auf die Dauer ertragen wird, es scheint als ob an Werthe von 2,5‰ Gewöhnung erzielt werden könnte — also etwa an die 2½- bis 3fache Menge, die im Anfang vertragen wurde.

Digitized by Google

Fidel:

Speichel	Auge	Abnahme in g	Allgemeinbefinden
1 f	0	50	Wie Mingo.
0	0	40	Sehr ruhig, normal. Nur unbehaglich. Leidet kaum ernstlich.
1 f	0	20	Ruhig, Augen und Nase normal. Cornea etwas opak. Hie und da Niessen. Zittert oft an den Hinterbeinen. (Auch wenn kein oder nur wenig NH_3 im Kasten ist, um die zu geringe Wärmebildung zu ersetzen.) Speichelt beständig wenig. Stimmbänder etwas angegriffen, beim Bellen jedoch nichts zu bemerken.
1 2 f	0	60	Wie a. m. Speichelt etwas stärker.
1	0	70	Ruhig, normal. Cornea etwas opalesc. Hustet, Stimmbänder etwas angegriffen. Speichelt etwas.
—	—	20	Munter und gesund.

V. Versuche mit Chlor.

Als zweites Gas wurde Chlor gewählt. Die Literatur ist ganz ausserordentlich arm an bestimmten Angaben über die Möglichkeit einer Gewöhnung, ich habe dem Wenigen, was ich in meiner ersten Chlorarbeit d. Arch. VII, 235, 282 mitgetheilt, keine weiteren Litteraturangaben beizufügen, auch das Handbuch der praktischen Gewerbehygiene von Albrecht und Heinzerling's Bearbeitung des Chlors in Weyl's Handbuch der Hygiene bringt nichts weiteres.

Meine Nachforschungen über die Erfahrungen von Chemikern, die viel mit Chlor arbeiteten, lauteten nicht sehr ermuthigend. Es wurde meist betont, dass die individuelle Empfindlichkeit gegen Chlor sehr verschieden sei, angegeben, dass man sich wie gegen viele chemische Gerüche auch gegen den Chlorgeruch abstumpfe, die Möglichkeit einer Gewöhnung aber oft bezweifelt oder höchstens in bescheidenem Maasse für möglich gehalten.

Der Chlorstrom wurde hergestellt durch Einpressen von Luft in Chlorwasser. Die Bestimmung des Chlors geschah, indem dasselbe in JK-Lösung absorbirt wurde, hinter die 5 ccm $^1/_{200}$ Natrium-

hyposulfit eingeschaltet war, um kleine Jodmengen zu binden, die etwa aus dem Absorptionsgefäss entweichen konnten. Es wurden regelmässig 6 l Kastenluft in 25 Min. durchgesaugt und alle Titrirungen doppelt gemacht.

Einige Versuche bei möglichst gleicher Chlorzuleitung mit und ohne Einsetzung eines Thieres in den Kasten zeigten, dass sowie ein Thier im Kasten sitzt, der Chlorgehalt im Kasten ceteris paribus sehr wesentlich niedriger ist als wie ohne Thier. Für den Gehalt, den das Thier faktisch einathmet, ist natürlich maassgebend ein Mittelwerth, berechnet aus zwei gleichzeitig an den beiden Enden des Kastens entnommenen Gasproben. Dass ich fast jedesmal, auch in einem blinden Vorversuche, den Gasgehalt im Kasten bei gleicher Aëration der Chlorwasserflasche ohne Hund wie im Hauptversuche mit Hund bestimmte, erwies sich nachträglich als wenig werthvoll für die Berechnung der vom Thiere absorbirten Chlormengen, ich sah mich vielmehr zu ganz besonderen planvollen Versuchen zu diesem Zwecke veranlasst (vgl. Arch. f. Hyg., XXXIV, S. 308).

Die Thiere wurden stets in den Kasten ohne Chlorgehalt eingesetzt, nach $^1/_4$ Stunde war der Chlorgehalt schon recht constant, aber erst nach $^1/_2$ Stunde begannen die ersten beiden Bestimmungen, denen sich 1—2 Stunden später zwei weitere anschlossen.

(Siehe beigefügte Tafel II, Tabelle VII: Chlorversuche mit Hund Ammon. 1894.)

Das Resultat dieses 37tägigen Versuches lässt sich in folgende Sätze zusammenfassen:

Im Anfang reagirte der Hund sehr heftig auf 6 und 4 Milliontel, ja 3 Milliontel wurden am 3. Tag (22. X.) schlecht vertragen, namentlich war auch die Nachwirkung resp. das Bestreben stark, das an dem Mund und der Rachenschleimhaut haftende Chlor durch Räuspern, Würgen, Saufen und Erbrechen von Wasser zu entfernen.

Nach einigen Tagen bei 2—5 Milliontel wird 11, ja 17 Milliontel plötzlich recht leidlich vertragen, die ganze übrige Versuchsreihe, bei der Dosen von 9,5—17,5 wechseln, fügt zu dieser

Gewöhnung nichts wesentliches mehr hinzu. Am 10. XI. bekommt der Aufenthalt bei 10,5 dem Thier so schlecht (vielleicht ist allerdings diese Wirkung als eine Summation der Störung durch die Tage vorher aufzufassen), dass eine 5tägige Pause gemacht wird, um den Reizzustand der Respirations- und Digestionsorgane vorübergehen zu lassen. Nach dieser Pause scheinen Dosen von 9,5—17,5 ohne besondere Schwierigkeiten, abgesehen von einigen Niessanfällen ertragen zu werden, auch die Nachwirkung ist eine bescheidene und in den letzten Versuchen bei 10,0 eine fast fehlende.

Jedenfalls vertrug der Hund am Ende 10—15 Milliontel leichter als anfangs 3—6. Man kann also von einer Gewöhnung an das 3—4fache der anfangs vertragenen Dosis sprechen.

Sehr auffallend und interessant sind die Ergebnisse der zwei Monate dauernden Versuche der 2. Versuchsreihe, zu der der Hund »Hector« gedient hat.

(Siehe Tafel III, Tabelle VIII: Chlorversuche mit Dachshund Hector. 1895.

Die Dosis von 6—7 Milliontel wurde im Anfang $1^1/_2$—2 Stunden lang recht schlecht ertragen, die verschiedensten Reizerscheinungen während und nach dem Versuch bewiesen, wie sehr das Thier litt. Namentlich zeigte dies die gewaltige Gewichtsabnahme von rund 200—250 g pro Stunde. Das Thier brachte auch sehr grosse Chlormengen zum Verschwinden — etwa 0,4 mg pro Liter bei 0,6 mg Gehalt der einströmenden Luft.

Der Zustand besserte sich etwa nach 14 Tagen (vom 26. I. ab), die Wasserabgabe ging auf 80—100 pro Stunde zurück und endlich wurden 6 Milliontel $2^1/_2$ Stunden recht gut ertragen.

Vom 4. II.—8. II. findet eine Gewöhnung an grössere Dosen (8—12 Milliontel) statt, die bei ihrer ersten Einwirkung noch sehr stark wirkten. Am 9. wirkt 14—16 Milliontel nur bescheiden und vom 10. II. ab verträgt er nach $^1/_4$stündiger Unruheperiode Dosen zwischen 20 und 30 Milliontel geradezu auffallend gut. Er verbringt einen Monat bis zum 6. III. täglich 4—6 Stunden bei Dosen, die in den letzten 8 Tagen ohne Schaden

Digitized by Google

30—40 Milliontel betragen. Höhere Steigerungen auf 45—50 Milliontel werden 3 mal versucht und nie gut ertragen, doch erscheint es nicht unmöglich, die Gewöhnung noch weiter zu steigern. Jedenfalls wird zum Schluss 40 Milliontel sogut und besser wie anfangs 4—8 Milliontel ertragen und eine sehr erhebliche Steigerung der Resistenz durch Gewöhnung ist hier ganz unverkennbar. Damit halte ich die Gewöhnung an Chlor für einwandfrei bewiesen.

Sehr merkwürdig ist, dass der Moment der Gewöhnung an Dosen von 20—30 Milliontel zusammenfällt mit einer auffallenden Abnahme der Absorption von Chlor durch den Hund[1]). Während am 7., 8. und 9. II. der blinde Versuch einen Gehalt von 27—29 Milliontel, der Hauptversuch 8,5—16 Milliontel ergab, war vom 10., 11. und 12. II. ab plötzlich bei dem gleichen Chlorgehalt im blinden Versuch von 29 Milliontel, im Hauptversuch mit Hund der Gehalt 29—24 Milliontel, später wurde wieder etwas mehr Chlor absorbirt, aber doch im Verhältnis zu dem hohen Chlorgehalt des Einstroms recht wenig. Man könnte vermuthen, die Gewöhnung des Hundes »Hector« an die grossen Dosen von 20—30—40 Milliontel Chlor verdankte er der überraschend plötzlich erlangten Fähigkeit, von einem bestimmten Tag ab nur noch wenig Chlor aufzunehmen. Da aber die Hauptchloraufnahme nach S. 312 durch Haut und Haare erfolgt, so ist die Thatsache einer starken Abnahme der Chlorabsorption viel eher wohl auf eine gewisse Sättigung der Haare zurückzuführen und das Zusammentreffen mit dem Moment der Gewöhnung erscheint mehr zufällig. Unerklärt bleibt mir — auch nach den Erfahrungen der folgenden Arbeit — die Plötzlichkeit der verminderten Absorption, ich habe darüber viel nachgedacht, ohne mehr als eine Vermuthung zu finden. Versuchsfehler erscheinen ausgeschlossen. Zu bedenken ist, in wie weit sich der Hund den Aufenthalt im Chlor dadurch erleichtete, dass er später den Kopf zwischen die Pfoten legte.

1) Resp. durch Hund und Kasten. Vergl. dieses Archiv, XXXIV, S. 308.

VI. Versuche mit Schwefelwasserstoff.

Es war mir nun von Interesse, ein Gas zu untersuchen, gegen das sowohl nach den spärlichen Angaben der Literatur (vergl. meine Mittheilungen ds. Arch., XIV, S. 136) als nach meinen Erfahrungen an meinen Schülern Greulich und Kwilecki (ds. Arch. XIV, S. 184) keine Gewöhnung stattfindet. Es war dabei ferner zu beachten, ob sich nicht vielleicht eine Steigerung der Empfindlichkeit oder eine allmählich eintretende chronische Vergiftung durch Dosen ergeben würde, die einmal oder wenige Male ohne Schaden ertragen werden können.

Die Technik der Versuche war ganz die gleiche, wie ich sie in diesem Archiv, XIV, S. 143 geschildert, die Luft erhielt eine Beimischung von Schwefelwasserstoff dadurch, dass sie durch Schwefelwasserstoffwasser durchgepresst wurde. Die Gehaltsbestimmung geschah auf jodometrischem Wege nach den a. a. O. S. 170 gegebenen Einzelvorschriften.

Vor jedem Versuche wurde erst der Schwefelwasserstoffgehalt ohne Thier bestimmt und zwar nachdem $^1/_2$—1 Stunde lang Schwefelwasserstoff in den leeren Kasten eingeleitet war. Dann wurde für 10—15 Minuten der Schwefelwasserstoffstrom abgestellt, jetzt das Thier hineingesetzt und der Schwefelwasserstoffstrom wieder in Gang gesetzt. Die Bestimmung des »Gehaltes mit Thier« fand in der Regel 1 Stunde nach dem Einsetzen des Thieres statt, zuweilen erst 2 Stunden nachher. Es ergab die Mehrzahl der Versuche eine ziemlich gleichmässige Absorption von Schwefelwasserstoff durch das Thier, einzelne Unregelmässigkeiten sind wohl dadurch verschuldet, dass, gelegentlich durch andere Arbeiten gedrängt, einmal eine Bestimmung etwas früher gemacht wurde als es zweckmässig war; auf diese Resultate ist kein Werth gelegt.

Alle Versuche sind blos an dem Hund »Ammon« angestellt, der früher zu den Ammoniak- und Chlorversuchen gedient hatte — die Ergebnisse waren so prägnant, dass es nicht nothwendig schien, die Versuche weiter auszudehnen.

(Siehe Tafel IV, Tab. IX: Schwefelwasserstoffversuche mit Hund Ammon. 1895.)

Die Tabelle berechtigt zu folgenden Schlüssen:

1. Bei einem Gehalt der Kastenluft ohne Hund von

0,84	braucht es am	2. VIII.	25	Minuten bis ein Anfall eintritt.
0,88	»	16. VIII.	25	»
0,88	»	17. VIII.	3	»
0,9		26. VIII.	2	»

Am 28. VIII. genügen 0,58 um in 15 Min. einen Krampfanfall hervorzubringen. Daraus kann man ungezwungen eine zunehmende Empfindlichkeit gegen grosse Dosen des Gases ableiten.

2. Das Gleiche ergibt sich, wenn wir die Empfindlichkeit gegen geringen Gehalt in's Auge fassen:

	Gehalt ohne Thier	Gehalt mit Thier	Dauer bis zum Krampfeintritt
8. VIII.	0,62	ca. 0,45	$1^3/_4$ Stunden
10. VIII.	0,56	0,33	$> 4^1/_4$ »
13. VIII.	0,56	0,33	> 4 »
14. VIII.	0,56	0,39	> 3 »
17. VIII.	0,56	0,37	> 3 » aber kaum viel länger.
20. VIII.	0,62	0,45; 0,37	3 Stunden
21. VIII.	0,60	ca. 0,45	$1^1/_2$ »
23. VIII.	0,67	ca. 0,50	$^1/_3$ »
26. VIII.	0,48	0,36	$> 3^1/_2$ » aber nahe daran.
27. VIII.	0,55	0,55	$^1/_3$ Stunde
28. VIII.	0,58	ca. 0,50	$^1/_4$ »
28. VIII.	0,48	ca. 0,40	1 »
3. IX.	0,52	0,48	1 »
6. IX.	0,52	ca. 0,48	$^3/_4$ »

Auch hier also Anzeichen zunehmender Empfindlichkeit, und keine Andeutung von einer Gewöhnung an Schwefelwasserstoff.

Digitized by Google

VII. Praktische Schlussfolgerungen.

Die mühsamen Versuche, die in den vorstehenden Blättern niedergelegt sind, haben für Chlor und Ammoniak ergeben, dass die Thiere allmählich Dosen ohne besondere Schwierigkeit ertragen, die etwa 2,5—4 mal so gross sind, wie die, welche von Anfang an ertragen wurden, gleichgültig ob das Versuchsthier von Anfang an individuell eine höhere oder geringere Resistenz zeigt. Das Resultat stimmt überraschend gut überein mit dem, das ich an Arbeitern einer Sulfitcellulosefabrik auf ganz anderem Wege gewonnen. (Dieses Arch., XIX, 183.) Es wirkte auf die Arbeiter der Fabrik ein Gehalt von 0,03—0,04 ‰ SO_2 nicht belästigender als auf mich, meinen Assistenten und Diener 0,006—0,011, d. h. es ertragen hier die Arbeiter auch etwa die 4 fache Dose, die dem Ungewohnten schon ein wenig lästig ist, ohne irgendwelche Störung. Es ist natürlich nicht meine Ansicht, dass der Zahl 4 hier eine besondere Bedeutung zukommt, schon die Erfahrungen mit Chlor am Hunde »Hector« zeigen, dass die Gewöhnung weiter gehen kann — bis zu etwa der 5—6 fachen Anfangsdosis — und es mag wohl auch Individuen geben, bei denen die Gewöhnungsfähigkeit geringer ist.

Ich lege vielmehr nur Nachdruck darauf, dass der Gewöhnte einen mehrfachen Gehalt an Ammoniak, Chlor und schwefliger Säure ebensogut erträgt wie der Ungewohnte den einfachen.

Bisher scheinen mir die Versuche zu beweisen, dass sich wohl die Mehrzahl der Individuen an ein mehrfaches der anfangs erträglichen Dosis von ätzenden Gasen gewöhnen kann. Versuche mit weiteren Gasen in dieser Richtung an Thieren anzustellen, beabsichtige ich vorläufig nicht, denn es dürften sich rascher Resultate am Menschen in der Fabrikpraxis gewinnen lassen.

Natürlich wird diese Beobachtung nicht ohne Einfluss auf die Beurtheilung concreter Fragen der Fabrikhygiene sein. Ich

habe mich bisher bemüht, Grenzwerthe aufzustellen für den Gehalt, den der Ungewohnte noch einen Tag lang einathmen kann ohne merkliche Belästigung, diesen Zahlen treten jetzt für einige Gase Werthe gegenüber, die etwa viermal so hoch sind und für den Gewöhnten gelten.

Sollen wir nun für die praktische Fabrikhygiene die für den Gewöhnten oder die für den Ungewöhnten ermittelte Grenzzahl als Maximalzahl für den zulässigen Gasgehalt der Räume annehmen? Ich glaube, man wird hier nicht im Zweifel sein können! Die Respiration soll auch in den Fabriken thunlichst nicht nur für den Gesunden, Gewöhnten und Starken, sondern auch für den Ungewöhnten, Schwachen und Kränklichen ohne Beschwerden möglich sein, und wir sollten die Fähigkeit unseres Organismus, sich auch an höhere Werthe zu gewöhnen, nicht allzusehr ausnützen, wissen wir doch sicher, dass diese Gewöhnung für die sonstige Körperfunction kein Vortheil ist, während erst noch nachzuweisen ist, ob sie sicher keinen Nachtheil darstellt. Es darf also in den zum längeren Aufenthalt bestimmten Räumen durchaus der Gehalt an giftigen Gasen nicht überschritten werden, der auch den nicht Gewöhnten nicht mehr belästigt.

Anders ist es bei der Beurtheilung der Luftbeschaffenheit in Räumen, die nur vorübergehend und nur von Einzelnen betreten werden müssen, — hier werden wir uns zufrieden geben, wenn die Dosen nicht überschritten werden, die durch die Gewohnheit erträglich werden und nicht verlangen, dass die Wahrnehmung, die ein ungewohnter Beobachter an seiner eigenen Person macht, ohne weiteres als gültig für die Arbeiter angesehen werden. —

Schwefelwasserstoffgehalt wird in Fabrikräumen sehr ernst genommen werden müssen, da gegen dieses Gas die Empfindlichkeit mit der Zeit wächst.

Auf die theoretischen Probleme, die durch die erhaltenen Resultate angeregt werden, hoffe ich in anderem Zusammenhange einzutreten, möchte nur schon darauf hinweisen, dass die beobachtete »Gewöhnung« an Ammoniak und Chlor meist recht

rasch eintrat, sich nicht sehr erheblich weiter steigern liess, nach einem Jahr noch vorhanden war — alles Momente, die mir dafür sprechen, dass wenigstens ein Theil dieser Gewöhnung darauf zurückzuführen sein dürfte, dass das Thier lernt, sich in dem reizenden Gase vorsichtig zu benehmen und den Reiz ohne ungeberdige, nutzlose oder direct schädliche Reaction zu ertragen.

Wieviel Chlor nimmt ein Hund in einer Chloratmosphäre auf und auf welchem Wege?

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann.**

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

In der vorhergehenden Arbeit ist gesagt, dass der Chlorgehalt meines Versuchsglaskastens, trotzdem fortwährend ein Strom chlorhaltiger Luft durchging, sehr stark abnahm, sowie ein Thier hineingesetzt wurde[1]), es bringt also das Thier erhebliche Chlormengen zum Verschwinden — es absorbirt sie.

Da ich in früheren Versuchen[2]) an mir selbst gefunden, dass kleine Chlormengen sehr vollständig (95—100%) vom Menschen aus der Athemluft aufgenommen werden, so hoffte ich aus den Thierversuchen einen Anhaltspunkt zu gewinnen, ob sich dies bei höheren Gehalten ebenso verhalte, und ich habe deshalb eine grosse Zahl von Versuchen, theils allein, theils mit Herrn Dr. Kellermann[3]) angestellt, um die betreffenden Grössen möglichst genau zu ermitteln. Ich theile die ziemlich unerwarteten, aber wohl nicht uninteressanten Resultate möglichst kurz mit.

1) Die Abnahme des Gehalts im Kasten bei den Versuchen mit Ammoniak ist während der Correctur dieser Arbeit auch studirt worden.

2) Archiv für Hygiene, XVII, Jubelband.

3) Die von Herrn Kellermann unter steter Mithülfe meines Privatassistenten Herrn Lang angestellten Versuche sind in seiner Dissertation publicirt. Die im folgenden mitgetheilten Versuche sind nach Abschluss der Arbeit des Herrn Kellermann mit besonderer Sorgfalt von uns allein angestellt.

Will man erfahren, wieviel Chlor der Hund absorbirt, so muss man erst wissen, ob der Kasten nicht auch allein Chlor bindet. Zu meiner grossen Verwunderung thut dies der Kasten, der aus mit Oelfarbe gestrichenem Bandeisen und Spiegelglasscheiben besteht, in erheblichem Maasse und zwar mit einer gewissen Launenhaftigkeit, deren Gesetze wir nicht völlig ergründet haben.

Ich ermittelte den Chlorgehalt des Einstroms in den Kasten und des Ausstroms aus dem Kasten (pro Liter) unter allen denkbaren Cautelen und sehr oft, die Differenz giebt die Chlormenge pro Liter, die verschwindet. Da die Ventilation stets 1800 Liter betrug pro Stunde, so war:

$$D = (P_e - P_a) \cdot 1800$$

der stündlich durch den Kasten bedingte Chlorverlust, wobei P_e und P_a in Milligrammen den Chlorgehalt der einströmenden und ausströmenden Luft angeben.

Eine erste Serie von 4 Versuchsreihen, von denen jede einen Tag und eine ganze Anzahl Versuche umfasste, ergab ganz wie erwartet, dass bei hohem Gehalt des Einstroms auch absolut mehr Chlor vom Kasten gebunden werde, ja, es zeigte sich sogar eine auffallende Proportionalität zwischen Chlorgehalt und Chlordeficit.

Enthielt der Einstrom pro Liter	So betrug der Ausstrom	Das Deficit pro Liter
0,06 —0,108 mg	0,036—0,078 mg	0,024—0,03 mg
0,24 —0,258 »	0,18 —0,204 »	0,06 —0,05 »
0,408—0,48 »	0,282—0,366 »	0,126—0,114 »
0,558 mg	0,39 mg	0,168 mg

Als die Versuche noch einen Tag gedauert, zeigte sich allmählich auch bei den höheren Gehalten eine geringere Absorption durch den Kasten, was wir darauf bezogen, dass jetzt die etwa absorbirenden Metall-, Kitt- und Paraffintheile sich mit Chlor gesättigt hatten. Nach 3 Tagen verschwanden auch bei Gehalten von 0,26 nur noch 0,012 mg Chlor pro Liter. Aber diese von uns begrüsste Eigenschaft des Kastens hielt nicht an — ohne dass wir einen Grund dafür angeben konnten, absorbirte er

plötzlich wieder stärker, sodass wir zur Einsicht kamen, wir müssten die Absorption durch den Kasten allein vor und nach jedem Versuch über die Absorption durch Kasten und Hund bestimmen, wenn wir für die Absorption durch den Kasten richtige Werthe einsetzen wollten.

Was im Kasten speciell das Absorbirende war, und was diese scheinbaren Launen bedingte, haben unsere Versuche nicht entdeckt. Soviel kann ich sagen, dass trocknes Holz, Paraffin (auf Teller ausgestrichen) und Wasser auf Teller ausgebreitet nur sehr wenig absorbirte, etwa nur 0,012—0,018 mg pro Liter mehr, als der leere, trockne Kasten, bei einem Einstrom von 0,18 mg pro Liter. Eine stärkere Absorption erhielten wir durch grosse Flächen Oelkitt bis 0,072 mg pro Liter, bei einem Einstrom von 0,18, doch macht uns diese Beobachtung, die starke Absorption des Glaskastens nicht verständlich, an dem nur sehr wenig Oelkitt den Binnenraum berührte.

Nachdem wir die absorbirenden Eigenschaften des Kastens gründlich kennen, wenn auch nicht vollkommen verstehen gelernt hatten, wurden 2 Versuche mit einem Hund von 6 Kilo Gewicht und glatter Behaarung gemacht.

Versuch I. September 98.

8 je ½ Stunde dauernde Bestimmungen wurden in Pausen von 5 Min. gemacht, sie ergaben Milligramm in 1 Liter:

	I (leer)	II (leer)	III (mit Hund)	III (mit Hund)	IV (mit Hund)	V (mit Hund)
Einstrom	0,15	0,156	0,168	0,174	0,18	0,204
Ausstrom	0,102	0,108	0,024	0,036	0,03	0,054
Differenz	0,048	0,048	0,144	0,138	0,15	0,150

	VI (Hund heraus, Speichel bleibt drinnen)	VII (Hund heraus, Speichel bleibt drinnen)
Einstrom .	0,24	0,24
Ausstrom .	0,15	0,15
Differenz .	0,09	0,09

Im Kasten hatten sich 250 ccm Speichel angesammelt, die 40 ccm $^1/_{100}$ Normal-Natriumthiosulfatlösung verbrauchten, d. h. 14,4 mg Chlor enthielten.

Bei einem Gehalt der einströmenden Luft
von 0,15 und 0,156 absorbirte also der trockne Kasten 0,048
» 0,24 » 0,24 » » » feuchte » 0,09.

Bei 0,18 dürfen wir daraus eine Absorption von 0,06—0,07 mg Chlor pro Liter durch den leeren, feuchten Kasten berechnen.

Bei 0,018 wird von Hund und Kasten rund 0,15 absorbirt.

Es absorbirt also der Hund pro Liter 0,15—0,065, d. h. 0,085 mg.

Da 1800 Liter pro Stunde am Hund vorbeistreichen, so absorbirt er in 1 Stunde 1800 0,085 = 153 mg.

Davon ist abzuziehen, weil vom Speichel absorbirt $\frac{14,4}{5}$ = ca. 3 mg pro Stunde.

Es absorbirt also der Hund pro Stunde ca. 150 mg.

Versuch II. September 98.

	Kasten							
	leer	leer	mit Hund	mit Hund	mit Hund	ohne Hund m. Speichel	ohne Hund m. Speichel	ohne Hund ohne Speich.
Einstrom	0,27	0,276	0,228	0,216	0,192	0,18	0,3	0,264
Ausstrom	0,18	0,186	0,078	0,072	0,054	0,114	0,18	0,204
Differenz	0,09	0,090	0,150	0,144	0,138	0,066	0,12	0,060

Es absorbirt der feuchte Kasten ohne Hund bei 0,18 mg Einstrom 0,066, also bei 0,22 mg 0,07—0,075.

Es absorbirt der feuchte Kasten mit Hund bei 0,22 mg Einstrom 0,15 mg.

Also der Hund allein 0,15—0,075 = 0,075 mg Chlor pro Liter.

Also in 1800 Liter 135 mg Chlor.

Nun waren aber von 60 cbm Speichel Chlor aequivalent 4 ccm $^1/_{100}$ $Na_2S_2O_3$ d. h. 1,44 mg Chlor absorbirt.

Also absorbirt der Hund 133,5 mg.

Mit diesen Zahlen stimmen recht gut die analogen, unter meiner Mitwirkung, von Herrn Kellermann erhaltenen Werthe,

wenn dieselben auch nicht ganz die Sicherheit bieten, wie die Ergebnisse der beiden hier mitgetheilten Versuche.

So fand ich mit Herrn Kellermann

Einstrom	Absorption
0,12	118 mg
0,18	94 »
0,21	121 »
0,13	121 »
0,17	113 »
0,27	162 »
0,16	106 »
0,21	145 »
	Im Mittel 122 mg

Es soll nicht verschwiegen werden, dass unter den Resultaten von Herrn Kellermann auch 3 von 42—65 mg stündlicher Chlorabsorption durch den Hund sind, doch glaube ich auf diese Ergebnisse wenig Werth legen zu sollen.

Es ist also festgestellt, dass ein Hund von 6 Kilo pro 1 Stunde etwa 100—150, im Durchschnitt meiner beiden Versuche etwa 142, im Mittel aller Versuche 126 mg Chlor absorbirt.

Fragen wir nun auf welchem Wege? Ich hatte die Versuche gemacht, um zu bestimmen, der wievielte Theil des vom Hunde eingeathmeten Chlors von ihm absorbirt wird.

Die Maximalmenge, die der Hund absorbiren kann, wenn er alles in die Lunge eingedrungene Chlor zu binden im Stande ist, wäre:

Ein Hund von 6 Kilo athmet höchstens 120 Liter Luft in 1 Stunde ein. Enthält dieselbe wie im Durchschnitt aus meinen beiden Versuchen 0,2 mg Chlor im Liter, so athmet er pro Stunde 120.0,2 = 24 mg Chlor ein, und absorbirt es im günstigsten Falle vollständig. Es ist aber durch den Hund 142 mg Chlor zum Verschwinden gebracht, d. h. ca. **120** mg mehr oder siebenmal mehr als durch die Respiration verschwinden kann!

Dieses sehr überraschende Resultat vereitelte natürlich unsere Absicht, etwas über die procentische Absorption von

Chlor aus der Inspirationsluft zu erfahren, solche Versuche können an Thieren überhaupt nach diesem Ergebnis schwer gemacht werden und werden besser nach meiner früher angegebenen Methode am Menschen ausgeführt.

Es lehren aber die Versuche, dass das Thier auf einem anderen Wege massenhaft Chlor absorbirt — es können hier nur die Haare in Frage kommen. Als Controlversuch liegt es nahe, die Chloraufnahme durch ein todtes Thier zu studiren, wir haben, da die Versuche nicht an diesem Hund angestellt werden konnten, an einer todten Katze von ca. 2500 g gemacht und in genau, wie oben geschildert, angeordneten Versuchen das erstemal 97, dann zweimal 75 mg Chlorabsorption durch eine todte Katze in einer Stunde, bei einem Chlorgehalt des Einstroms von 0,18 das erstemal und 0,24 die späteren Male. Diese Werthe stimmen sehr befriedigend mit den in den Hunde-Versuchen erhaltenen. Nehmen wir an, der wesentlich grössere, aber dünn- und glatthaarige Hund habe statt 97—75 mg etwa 100—120 mg Chlor durch seinen Pelz absorbirt und addiren wir dazu die ca. 24 mg, die durch die Athmung absorbirt sein können, so kommen wir auf die 120—140 mg Chlor, die thatsächlich durch den Hund zum Verschwinden gebracht wurden.

Es ist somit dargethan, dass die erheblichen Chlormengen, die ein Hund aus einer Chloratmosphäre absorbirt, zum grössten Theil ($^4/_5$—$^5/_6$) durch die Haut resp. Haare absorbirt werden und nur ein sehr geringer Theil durch die Lunge.

Die reichlichen Speichelmengen, welche das Thier oft producirt, absorbiren nur sehr wenig.[1])

1) Versucht man aus den Zahlen, die in der vorhergehenden Arbeit mitgetheilt sind: Chlorgehalt beim blinden Versuch und beim Versuch mit Hund die Absorptionsgrösse zu berechnen, so erhält man im allgemeinen ähnliche Werthe, doch ist bei diesen Versuchen die Bestimmung des Gehalts im blinden Versuch stets nur einmal ausgeführt und es fehlt die Bestimmung nach Entfernung des Hundes. — Auf eine Reihe für mich vorläufig unerklärlicher Resultate, unerklärlich insbesondere nach den Ergebnissen dieser Arbeit, habe ich S. 302 in der Anmerkung aufmerksam gemacht.

Anhangweise sei bemerkt, dass sich aus den Angaben der vorigen Arbeit berechnen lässt, dass auch von Schwefelwasserstoff bedeutend mehr verschwindet, als unter der Annahme verständlich ist, dass nur die Respirationsschleimhaut Schwefelwasserstoff binde, diese aber allen H_2S, der mit ihr in Berührung kommt. Auf eine nähere Ausführung dieser Rechnung gehe ich nicht ein, sondern gebe nur an, dass sich aus der Mehrzahl der Versuche eine Absorption von etwa 270 mg H_2S berechnet, während durch die Respiration nur höchstens 90 mg absorbirt werden könnten. Besondere Versuche zur Controle dieser Werthe habe ich bisher nicht angestellt, sie beanspruchen einstweilen nur orientirenden Werth.

Digitized by Google

Der Kohlensäuregehalt der Inspirationsluft im Freien und im Zimmer.

Nach in Gemeinschaft mit Herrn Dr. **Gottlob Fuchs** aus Wüstebriese und Dr. **Hugo Schmid** aus Passau angestellten Versuchen.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann.**[1])

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Man pflegt von einer guten Zimmerluft zu verlangen, dass dieselbe nicht über 1‰ Kohlensäure enthalte und Gehalte von 2‰ gelten allgemein schon als recht hoch. Eine einfache Ueberlegung — die aber meines Wissens bisher[1]) nicht angestellt wurde — ergibt jedoch, dass wir meist eine wesentlich an Kohlensäure reichere Luft athmen als dem Durchschnittsgehalt der Zimmerluft entspricht. Es ist — wie uns dies jeder Raucher auf's Deutlichste versinnlicht — unvermeidbar, dass der Mensch von einer Wolke seiner eigenen Exspirationsluft umgeben ist, und da dieselbe ca. 40‰ Kohlensäure enthält, so muss die

1) Ausführlichere Mittheilung der Ergebnisse bieten die beiden Dissertationen meiner Schüler:

Gottlieb Fuchs: Beiträge zur Untersuchung der Luft auf ihren Kohlensäuregehalt, Würzburg 1889;

Hugo Schmid: Neue Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Inspirationsluft, Würzburg 1898.

Da die Ergebnisse von Fuchs — trotz einer kurzen Mittheilung von mir in den Sitzungsberichten der physik.-medic. Gesellschaft von Würzburg, Sitzung vom 23. II. 89, in der Litteratur ganz unbeachtet geblieben sind, habe ich mit Herrn H. Schmid die Frage nochmals durchgearbeitet und durch neue Gesichtspunkte erweitert.

Inspirationsluft reicher an Kohlensäure als die Zimmerluft sein, wenn wir und die Zimmerluft ruhend oder nur sehr wenig bewegt sind.

Diese Voraussetzung konnten wir folgendermaassen beweisen. Wir stellten zwei Paare von Pettenkofer'schen Barytröhren auf und verbanden beide Paare mit je einem Aspirator. Der eine Apparat diente für die Zimmerluft, dieselbe wurde stets in einigen Metern Entfernung, aber in Kopfhöhe des Experimentators entnommen. Der andere Apparat trug am Ende der ersten Barytröhre mit derselben durch ein kurzes Kautschuckröhrchen verbunden ein Glasröhrchen, das bestimmt war, während der Inspiration in die Nase der Versuchsperson eingeführt zu werden. Der Experimentator athmete stets bei fest geschlossenem Munde streng nasal; während der Exspiration und des Beginns der Inspiration hielt er das Glasröhrchen mit dem Finger verschlossen. Er führte es unter Lüftung des verschliessenden Fingers etwa 1 cm tief in einen Nasengang ein, sobald die Inspiration kräftig im Gang war und während dieser Zeit saugte der Aspirator eine gewisse Luftmenge aus dem Inspirationsstrom an. Noch ehe die Exspiration begann, wurde das Röhrchen aus der Nase entfernt und in Brusthöhe verschlossen gehalten. Es wurden jedesmal ca. 4 l Zimmerluft und ebensoviel Inspirationsluft untersucht, Titrirung und Berechnung geschah in der üblichen Weise.

Die Resultate der Versuche fielen alle in der erwarteten Richtung, doch waren quantitativ ziemliche Differenzen, indem — ohne dass jedesmal ein befriedigender Grund angegeben werden konnte — die Inspirationsluft bald sehr bedeutend, bald nur in geringerem Grade reicher an Kohlensäure war als die Zimmerluft. Niemals betrug aber bei halbwegs normalem Kohlensäuregehalt der Zimmerluft der Gehalt der Inspirationsluft weniger als das ca. 3fache der Zimmerluft. Es mag zur Erklärung der Unregelmässigkeiten eine verschieden starke aber stets unmerkliche Bewegung der Zimmerluft mitwirken, auch waren sicher schnelleres oder langsameres Athmen, kürzeres oder längeres Ansaugen der Inspirationsluft während jeder Inspiration und

Digitized by Google

andere schwer zu übersehende Einzelumstände von wichtigem Einfluss auf den Ausfall der Resultate.

Ich theile die Versuche im Zimmer in zwei Tabellen mit, und zwar zuerst die im Stehen erhaltenen.

Tabelle I.

Laboratoriumsversuche im Stehen.

Bemerkung	Temperat. ° C.	CO_2-Gehalt der Luft des umgebenden Raumes ‰	Der Inspirations-Luft ‰	Differenz ‰	Experimentator
Versuche im Laboratorium, stehend, bei normaler Luftbeschaffenheit	19°	0,87	3,06	2,19	Schmid.
	19°	0,80	2,36	1,56	Schmid.
	17°	1,83	3,95	2,12	K. B. Lehmann.
	c. 18°	1,02	5,15	4,13	Fuchs.
	c. 18°	1,30	6,31	5,01	K. B. Lehmann.
Versuche im Laboratorium, stehend, bei absichtlicher Luftverschlechterung durch Brennenlassen v. 10 Bunsenbrennern	18°	2,33	5,23	2,90	Schmid.
	c. 20°	4,37	6,94	2,57	Fuchs.
Versuch im Laboratorium, stehend, bei verstärkter Heizung	25°	1,38	4,24	2,89	Schmid.
Versuche im Laboratorium, stehend, rauchend	17°	0,98	3,35	2,37	Schmid.
	14°	0,81	2,94	2,13	Schmid

Aus diesen Zahlen folgt:

1. Beim ruhigen Stehen im Laboratorium besitzt die Inspirationsluft meist einen 2,1 bis 2,9 ‰ höheren Gehalt als die Zimmerluft. Extreme Werthe, wie 1,56 und 4,13, ja 5,01, werden relativ selten beobachtet. Unsere Vermuthung, dass bei niedriger Zimmertemperatur die Differenz des Kohlensäuregehalts von Zimmerluft und Inspirationsluft klein sein werde, indem unter diesen Umständen die leichtere Exspirationsluft intensiver aufsteige, hat sich nicht scharf beweisen lassen, jedenfalls

haben andere Faktoren (s. o.) einen grösseren Einfluss auf die Zahlen.

2. Wie zu erwarten, beeinflusst das Rauchen einer Cigarre den Kohlensäuregehalt der Inspirationsluft nicht. Die von der Cigarre gelieferte Kohlensäure verschwindet neben der vom Körper gelieferten.

Ich hatte mir gedacht, dass es einen grossen Unterschied für den Gehalt der Inspirationsluft an Kohlensäure machen müsse, ob man den Kopf frei trägt oder ihn in weiche Kissen drückt. Hierdurch sind die Versuche von Tabelle II verursacht.

Tabelle II.

Laboratoriumsversuche im Liegen.

Nähere Angaben	Temp.	CO_2 ‰ in der Zimmerluft	CO_2 ‰ in der Inspirationsluft	CO_2 ‰ Differenz	Experimentator
Kopf in 2 Kissen . .	18°	1,01	3,84	2,83	Schmid.
Kopf in 2 Kissen . .	18°	0,94	3,37	2,43	Schmid.
Kopf in 1 Kissen . .	—	1,08	2,66	1,58	Fuchs.
Kopf in 1 Kissen . .	—	1,13	2,53	1,40	Fuchs.
Kopf in 2 Kissen . .	—	1,43	6,78	5,35	Fuchs.

Die Versuche ergaben mit Ausnahme des letzten, wobei Herr Dr. Fuchs den Kopf des Institutsdieners förmlich in die Kissen vergrub, kein sehr auffälliges Resultat. Wider Erwarten war die CO_2-Differenz im Stehen und Liegen ziemlich die gleiche, und auch der vereinzelte abnorm hohe Werth von Herrn Fuchs findet in einzelnen Versuchen von Tabelle I sein Analogon, stellt aber immerhin eine Warnung gegen die grossen weichen Kopfkissen dar.

Von besonderem Interesse war es für mich, die im Zimmer angestellten Versuche im Freien zu wiederholen. Es war vorauszusehen, dass die im Freien auch bei scheinbarer »Windstille« stets erheblichere Windbewegung die Differenzen zwischen der

Digitized by Google

Inspirationsluft und der übrigen Luft kleiner erscheinen lassen würde — dass die Differenzen aber so minimal sein würden, wie wir sie fanden, hätte ich doch nicht geglaubt.

Tabelle III.

Versuche im Freien.

Wetter	Temp.	CO_2 ‰ d. freien Luft	CO_2 ‰ der Inspirationsluft	CO_2 ‰ Differenz	Experimentator
Windstill, leichter Regen	13°	0,31	0,34	0,03	Schmid.
Windstill, klar	6°	0,34	0,40	0,06	Schmid.
Windstill, klar	4°	0,37	0,45	0,08	Schmid.
Windstill, klar	20°	0,70[1])	0,70	0	Dr. Mann.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass der Kohlensäuregehalt der Inspirationsluft im Freien und im Zimmer sehr verschieden gross ist, viel verschiedener als man bisher angenommen. Während wir im Freien eine Luft von ca. 0,4 ‰ CO_2 einathmen, beträgt auch im gut ventilirten Zimmer bei ruhigem Sitzen oder Stehen der Gehalt meist $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ ‰ (das heisst wir athmen 4 resp. $6^1/_2$ % unserer Exspirationsluft wieder ein) und erreicht auch bei nicht extrem verunreinigter Zimmerluft unter Umständen Werthe bis zu 6 und 7 ‰.

Es liegt sehr nahe, aus diesen Versuchen eine Erklärung für die bis dahin noch recht unvollkommen verständliche Wirkung der Luft geschlossener Räume abzuleiten. Doch ist hierbei grosse Vorsicht geboten. Wie in einer folgenden Arbeit gezeigt werden soll, besitzen wir bis dahin keine unanfechtbaren Beweise für die Gesundheitsschädlichkeit kleiner und mittlerer, wenn auch längere Zeit geathmeter Kohlensäuremengen, und die Dosen von 3 bis 7 ‰ erscheinen doch immer noch als klein oder mittelstark.

Eher möchte die Ueberlegung von Werth sein, dass wir geradeso wie wir die von uns ausgeschiedene Kohlensäure in

1) Der hohe Gehalt wohl durch Nähe eines Misthaufens verschuldet.

höherem Maasse einathmen als man bisher annahm, auch die anderen gasförmigen Ausscheidungen in erheblichem Maasse sofort »aus unserem Dunstkreis« wieder aufnehmen. Aber auch diese bisher wenn auch nicht unwahrscheinliche, so doch experimentell durchaus unerweisbare Schädlichkeit möchte ich geringer veranschlagen als die bekannten übrigen, die Gesundheit des Stubenhockers bedrohenden Faktoren: Mangel an Bewegung, an Temperaturschwankungen, an Luftbad, an Licht u. s. f.

Experimentelle Studien über den Einfluss technisch und hygienisch wichtiger Gase und Dämpfe auf den Organismus.

Theil VIII: Beiträge zur Kenntnis der Terpentinölwirkung.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann.**

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

I. Einleitung.

In Nr. 19 des Correspondenzblattes für Schweizer Aerzte 1896 veröffentlichte mein verehrter Freund, der eidgenössische Fabrikinspector Dr. F. Schuler in Mollis (Ct. Glarus) folgenden Artikel:

Wer sich mit Malern über die Schädlichkeiten ihres Berufs unterhält, hört nicht selten als eine der grössten Gefährdungen die Gewohnheit vieler Berufsgenossen bezeichnen, den Händen anhaftende Farben mit Terpentinöl abzuwaschen. ‚Das ist ja allbekannt,‘ meinte ein alter erfahrener Meister, ‚dass Arbeiter, welche dies thun, ‚verdrehte‘ Hände bekommen. Darum ist auch die Benutzung des Terpentinöls zu solchen Zwecken überall verboten.‘ Auf die weitere Frage, welche Erscheinungen denn zu Tage treten, belehrte er mich, dass von Mattigkeit und Zittern fast alle ältern Maler befallen werden, nach lange dauerndem Missbrauch des Terpentinöls zu Reinigungszwecken aber die Hände völlig lahm und klauenartig verbogen werden.

Nach dieser Darstellung lag es nahe genug, an eine chronische Bleiintoxication und ihre Folgen zu denken. Aber keiner

der Angefragten wollte dies gelten lassen. Man wies auf die Häufigkeit der geschilderten Erscheinungen bei den Wagenmalern hin, die nur sehr wenig Bleiweiss zum Grundiren, aber sehr viel Terpentinöl für ihre Lackfarben brauchen; ja man behauptete, dass eigentliche Lackirer weit öfter als die Maler selbst in der beschriebenen Weise erkranken; auch in den Werkstätten für den Bau von Eisenbahnwagen zeige sich die gleiche Erscheinung.

Meines Wissens sind dies — die Richtigkeit der mitgetheilten Thatsachen oder vielmehr ihrer Deutung vorausgesetzt — Wirkungen des Terpentinöls, die bisher ganz unbeachtet oder unbekannt geblieben sind. Man kannte allerdings längst eine Anzahl krankhafter Erscheinungen, welche durch Inhalation von Terpentinöldämpfen herbeigeführt wurden. Man wusste, dass nicht nur Athmungs- und Verdauungsorgane darunter leiden, sondern vor Allem auch das Nervensystem. Die Entstehung von Kopfschmerz, Schwindel, Convulsionen, grosser Mattigkeit und selbst Lähmungserscheinungen war längst bekannt. Eine ganze Reihe von Schriftstellern hatte dies alles beobachtet, obwohl die Empfindlichkeit für die Terpentinöldämpfe bei vielen Individuen gar nicht oder nur in geringem Maass vorhanden zu sein scheint. Selbst als Anæstheticum scheint Terpentinöl nach Köhler wirken zu können. Jedenfalls führt seine Einwirkung, wie Hirt auf Grund von Experimenten und Beobachtungen sich ausspricht, zwar spät und nur wenn sie in grossen Dosen erfolgt, zur Affection von Gehirn und Rückenmark und Eulenberg gibt in seinem »Oeffentlichen Gesundheitswesen« an, dass schon mässige Gaben Reflexverminderung und Depressionszustände hervorrufen.

Alle diese krankhaften Erscheinungen dürften aber nur durch die Einathmung von Terpentinöldämpfen bewirkt worden sein und schon im 17. Jahrhundert scheint der alte Ramazzini nur an diese Art der Einwirkung gedacht zu haben, wenn er schilderte, wie die Maler »mit Maul und Nase verderbliche Dünste in sich ziehen, die zum Lebensgeisterlein und dem Geblüte durchdringend die natürlichen Verrichtungen unterbrechen«.

Niemand spricht von einer Wirkung durch die Haut und von solchen localen Lähmungserscheinungen, wie die Maler von Beruf beobachtet zu haben behaupten. Nur Layet in seiner Gewerbepathologie erwähnt etwas, das einige Aehnlichkeit mit diesen Angaben besitzt. Er citirt nämlich bei Anlass der Erwähnung der nervösen Affectionen, zu denen Terpentinöl- und Benzindämpfe Veranlassung geben, eine Beobachtung von Perrin, aus der sich Folgendes ergibt: in den Färbereien, wo die Stoffe entfettet und das hiezu benutzte Benzin durch Schwungmaschinen wieder daraus entfernt wird, findet eine enorme Verdunstung desselben statt. Die Einathmung der Dämpfe erzeugt förmliche Trunkenheit. Aber ausser dieser Allgemeinwirkung auf die Nervencentren übt das Benzin noch eine locale auf Hände und Arme aus, die sich in einem leichten Zittern dieser Theile, verbunden mit einem lästigen Gefühl von Ameisenkriechen und Steifigkeit äussert. Perrin erklärt dies nun durch die Wärmeentziehung, welche das rasch verdunstende Benzin auf Händen und Armen bewirkt und durch die Entfettung der Haut an den betreffenden Theilen, eine Erklärung, die jedenfalls für die behaupteten lokalen Wirkungen des Terpentinöls in keiner Weise zutreffen könnte.«

Auf diesen Artikel Schuler's gingen vier kürzere Briefe von Aerzten ein, die sich grossentheils ziemlich vorsichtig zur Sache äusserten und die mir Herr College Schuler zusandte. Durch ein unaufgeklärtes Missgeschick sind sie trotz wiederholten Suchens für den Augenblick nicht mehr zu finden, und da die Namen der freundlichen Schreiber nicht notirt sind, so kann auch über den Inhalt nichts näheres berichtet werden, bis sie eines Tages einmal unerwartet zum Vorschein kommen. — Inzwischen glaube ich meine Schuld am ehesten dadurch gut zu machen, dass ich meine auf Wunsch von Herrn Collegen Schuler angestellten Thierversuche mittheile, die seit Jahr und Tag auf das Wiederfinden der Briefe warten.

Die Möglichkeit, dass die Benetzung der Hände mit Terpentin nervöse Störungen hervorbringen kann, scheint a priori sehr wohl vorhanden, wenn wir uns an die merkwürdige Erfahrung

Digitized by Google

Mendels über Schwefelkohlenstoff[1]) erinnern. Derselbe sah bei einem 26jährigen Mann tonische Krämpfe, sensible und motorische Lähmung grade in den Fingern beider Hände auftreten, welche täglich in den Schwefelkohlenstoff eintauchten. Allerdings hatte der Mann 12 Jahre lang täglich 3 bis 4 Stunden seine Finger in Schwefelkohlenstoff eintauchen müssen; ausserdem steht diese Erfahrung ziemlich vereinzelt da und Schwefelkohlenstoff ist giftiger wie Terpentin.

II. Experimentelle Untersuchungen an Thieren.

Die Versuche sind selbstverständlich in der klaren Einsicht unternommen, dass negative Resultate, an Thieren erhalten, nicht sicher eine Unschädlichkeit für den Menschen beweisen. Es war nach zwei Richtungen hin zu experimentiren und zwar einmal Versuche über die Wirkung äusserlich applicirten Terpentinöls anzustellen, die etwa die Verhältnisse beim Waschen der Hände nachahmen sollten, und zweitens galt es einige quantitative Vorstellungen über die Gesundheitsschädlichkeit von Terpentinöldämpfen zu gewinnen.

A. Pinselversuche.

Die Versuche über die Wirkung äusserlich applicirten Terpentinöls wurden an einem Hunde angestellt, der uns im Laboratorium seit Jahren genau bekannt war, an dem uns also irgend welche Abnormitäten besonders rasch auffallen mussten. Täglich morgens wurde dem Hund die rechte Vorder- und rechte Hinterpfote bis zur Mitte des Carpus mit reinem Terpentinöl bepinselt und der Hund dann sich selbst überlassen. Die Versuche wurden vom 8. August 96 bis 15. Juli 97, d. h. über 11 Monate fortgesetzt und ergaben folgendes Resultat:

Der Hund liebt die Einpinselung nicht, er flüchtet, wenn er Terpentinglas und Pinsel sieht, nach dem Einpinseln speichelt er anfangs stark, im weiteren Verlauf der Zeit nur noch schwach oder andeutungsweise. Selten leckt er an den gepinselten Stellen

1) Mendel, Berl. Klin. Wochenschrift. Nr. 30, S. 503, 1886.

selbst, dagegen gibt er durch Scheuern des gepinselten Beins an der Wand, durch Lecken und Beissen an den den gepinselten Stellen benachbarten Hautbezirken zu erkennen, dass ihn die gepinselten Stellen etwas jucken.[1]) Zeichen von wirklichem Schmerz gibt das Thier nicht.

Die erste genaue Untersuchung des Aussehens und der Motilität der gepinselten Beine fand am 3. X. 96, d. h. nach 7 Wochen, statt. Der Hund zeigt nichts Auffallendes im Gang, er springt freudig und kräftig in die Höhe, er gibt die linke und die rechte Pfote gleich sicher, also von irgendwelcher Lähmung ist nichts zu erkennen.

Die gepinselten Füsse zeigen sich bei genauer Inspection und Palpation etwas weniges verdickt, die Haare etwas verbacken, die Haut etwas verdickt, etwas weniger verschieblich, das Fussgelenk des Vorderfusses ist nur auf 60°, nicht wie das gesunde auf 30° zu flectiren. Die Haut zeigt keine Röthung und nur am unteren Drittel des rechten Unterschenkels einen kleinen Schorf.

Diagnose am 3. X.: Leichte fibröse Dermatitis, keine Beeinträchtigung der Motilität.

Am 5. III., d. h. nach 7 Monaten, fand eine 2stündige gründliche Untersuchung statt, die im wesentlichen ein vollkommen gleiches Resultat ergab wie die erste. Die Verdickung der Haut auf der gepinselten Seite besteht fort, hat aber weiter keine Fortschritte gemacht. Die Motilität ist tadellos, nur fällt auf, dass der Hund auf dem gepinselten Vorderfuss etwas spitzer auftritt. Die Haare der bestrichenen Beine sind gut erhalten. Nach der Untersuchung wird er gepinselt, was nur leichtes Widerstreben und leichte Juckempfindung auslöst. Als er später weggeführt wird, hält er das gepinselte rechte Hinterbein hoch.

Am 8. V., d. h. nach 9 Monaten, und am 15. VII. 97, nach mehr als 11 Monaten, war das Resultat nicht anders. Die Haut ist zwar verdickt, die Flexibilität in allen Gelenken aber tadellos.

1) Kobert sagt in seiner Dissertation: Beiträge zur Terpentinölwirkung, Halle 1877, schon: Auf die äussere Haut applicirt, bewirkt das Mittel Prickeln, Jucken, Röthung, Blasenbildung und schliesslich eczemaartige, eitrige Krusten.

Digitized by Google

Der Hund war sehr mobil, sprang mit Leichtigkeit und Sicherheit auf Stühle und Tische, Beobachtungen, dass er die bestrichenen Beine schont, spitzer auf ihnen auftritt, können nicht gemacht werden, er hebt ab und zu auch einmal das nicht bestrichene Bein in die Höhe.

Als am 15 VII. vor meinen Augen der Hund wieder bestrichen wird, speichelt er gar nicht, juckt sich nur ganz unbedeutend und zeigt überhaupt kaum Symptome von Missbehagen.

Damit wird der Versuch, der nahezu ein Jahr gedauert, mit absolut negativem Resultat abgebrochen,[1]) womit natürlich keineswegs gesagt ist, dass alle Hunde, noch weniger aber, dass alle anderen Thiere oder gar der Mensch immer so reagiren mussen. So werthvoll ein positives Thierexperiment ist — so skeptisch muss natürlich die Beweiskraft eines negativen betrachtet werden.

B. Versuche über Inhalation von Terpentindämpfen.

Da noch gar keine Daten über die Einathmung quantitativ bestimmter Terpentinölmengen vorlagen, so stellte ich eine Anzahl von Respirationsversuchen nach der bereits mehrmals in diesem Archiv besprochenen Art an. Das Thier befand sich in einem geräumigen Glaskasten, durch den ein gemessener Strom frischer Luft strömte, demselben mischte sich ein kleiner Luftstrom bei, der erst eine Trockenvorrichtung und hierauf eine gewogene Terpentinölflasche passirte. Je nachdem das Terpentinöl stark oder schwach erwärmt wurde, mischte sich der meist 1800 l pro Stunde betragenden Luftmenge viel oder wenig Terpentinöldampf bei. Da sich zeigte, dass sich bei lebhafterer Verdampfung des Terpentinöls eine Condensirung von Tropfen an den Wänden des Glaskastens bemerklich machte, schaltete

1) Die anatomische Untersuchung der Beine ergab an dem bestrichenen Vorderbein eine etwas derbere Verbindung der Haut mit den unterliegenden Muskeln und eine geringe Verdickung der Haut. An den Hinterbeinen war nicht einmal soviel mit Sicherheit zu behaupten.

ich zwischen Terpentinflasche und Glaskasten einen leeren, geräumigen Kolben ein, in dem sich das überschüssige Terpentinöl condensirte, natürlich musste zur Bestimmung der verdampften und der Kastenluft beigemischten Menge dann jedesmal die Gewichtsabnahme der Summe der beiden Kolben (Terpentinkolben und Einschaltkolben) bestimmt werden. Der Gehalt der Luft ergab sich durch Division des verdampften Terpentins durch die durchgegangene Luftmenge.

Die so erhaltenen Werthe für den Terpentinölgehalt sind etwas zu hoch, da ja die Thiere etwas Terpentin absorbiren, doch dürfte die absorbirte Menge recht bescheiden sein, da schwer wasserlösliche Körper von der Respirationsschleimhaut überhaupt wenig absorbirt werden (Schwefelkohlenstoff nur zu höchstens 5%, K. B. Lehmann, Arch. f. Hyg., XVII, S. 338) und auch von einer Affinität des Terpentinöls zu den Haaren des Thieres nichts bekannt ist.

Meine Versuche habe ich in der folgenden Tabelle übersichtlich kurz zusammengestellt.

Versuche mit Terpentindämpfen. 1896.

Datum	Terpentin mg im Liter	Temp. im Kasten °C.	Versuchsdauer	Hunde	Katzen
1896				**Hund I (Ammon).**	
3. VII. a. m.	0,25	—	1	Keine Symptome	
p. m.	0,93	24	3	»	»
4. VII. p. m.	0,27	—	3 20	»	»
				Hund II (Molly).	
6. VII. a. m.	0,33	—	3 20	Keine Symptome	
» p. m.	0,33	—	3 20	»	»
7. VII. a. m.	0,46	—	3 20		»
p. m.	0,27	25	3 20	»	»
9. VII. a. m.	0,73	28	3 20	»	»
p. m.	0,63	28	3 20	»	»
10. VII. a. m.	0,65	30	3 20	Bricht nach 1½ Std. etwas gelblich. Schleim.	

Datum	Terpentin mg im Liter	Temp. im Kasten °C	Versuchsdauer	Hunde	Katzen
				Hund II (Molly).	
10.VII. p. m.	0,68	31	3^{30}	Ohne Symptome	
11.VII. a. m.	0,59	28	3^{20}	» »	
p. m.	0,56	26	3^{20}	» »	
13.VII. a. m.	0,60	25	3^{20}	» »	
14.VII. a. m.	0,53	27,5	3^{20}	» »	
p. m.	0,71	29	3^{20}	» »	
15.VII. a. m.	0,35	29	3^{20}	» »	
					Katze I (grosse weibl. Katze).
p. m.	0,61	30	3^{20}	—	Lässt nach 1 Std. Koth.
16.VII. a. m.	0,38	26	3^{20}	—	Ohne Symptome.
p. m.	0,46	27,5	3^{20}	—	Lässt nach $2^1/_2$ Std. Koth.
17.VII. a. m.	0,36	26	3^{20}	—	Lässt nach $^1/_2$ Std. Koth.
p. m.	0,91	27,5	3^{20}	—	Nach 2 Std. tropfenweise wässeriges Nasensecret. Reibt sich oft mit den Pfoten d. Nase. Riecht oft m. erhob. Kopf in d. Luft umher. Lässt Koth.
18.VII. a. m.	1,17	24,5	3^{20}	—	Nach 20 Min. Flüssigkeitssecretion aus d. Nase, jede Min. ca. 1 Tropfen b. z. Schluss d. Versuchs. Schreit oft, speichelt n. $1^1/_2$ Std. etwas, macht oft Schluckbeweg., fühlt sich unbehagl.
				Hund I (Ammon).	
p. m.	1,8	24,5	3^{20}	Ohne Symptome	Fortges. geringe Wasserausscheid. aus d. Nase. Drückt häufig d. Augen fest zu. Macht häufig Schluckbewegungen, fühlt sich nicht behaglich.
20.VII. a. m.	2,7	27	3^{20}	» »	Speichelt etwas. Nasensecretion wie 18. VII. a. m.
p. m.	4,5	27,5	3^{20}	Etwas feuchte Augen. Liegt meist ruhig.	Wie a. m. Liegt meist ganz ruhig
21.VII. p. m.	6,0	29	3	Gegen Schluss sehr belästigt. Wechselt häufig den Platz. Hat feuchte Augen und nasse Nase. Nach d. Herausnehmen hat er einige Male heftiges Niessen.	Liegt fast b. z. Schluss wie schlafend, d. Augen halb geschl. Plötzl. steht sie auf, macht einige Min. schaukelnde Beweg. v. hinten nach vorn, fällt dann um u. liegt platt a. d. Seit. N. d. Herausnehm. bewusstl. Nach kurzer Zeit erhebt sie sich u. macht Gehversuch., bewegt sich taumelnd, fällt aber wieder um u. lässt liegend Urin. Sie möchte sich kratzen, ist aber zu matt, hört aber auf Rufen. Nach ca. 10 Min. läuft sie, das eine Hinterbein ist gelähmt. Nach ca. 20 Min. kommt sie in d. Stall; frisst dort sof. u. lässt wieder Urin; macht immer noch taumelnde Bewegung.

Kaninchen I und II	Datum	Terpentin mg im Liter	Temp. im Kasten °C.	Versuchsdauer	Hunde	Katzen
	22 VII. a. m.	4,9	26	3²⁰	Ohne Symptom.	
	p. m.	6,2	28	3²⁰	»	
	23. VII. a. m.	5,0	25	3²⁰	Ohne Symptom. aber häufiges Augenzwinkern und nasse Nase gegen Ende.	
						Katze II (Starker Kater).
	4. VIII. a. m.	0,8	24	3²⁰		Ohne Symptome.
Kaninchen I.	p. m.	1,6	24	3²⁰		Wie 18. VII. a. m.
Ohne Symptome	5. VIII. a. m.	4,1	24	3²⁰		Nach 1 Std. heftiges Speicheln in zwei dicken Strähnen, das bis z. Schluss andauert, schreit, ist matt, taumelt beim Versuch zum Gehen, hat d. Augen fest geschl., lässt viel harten Koth, d. Nase tropft beständ. Nach d. Herausnehmen ist d. Thier matt, geht in Zeigerbeweg. Speichelt noch nach 5 Min. stark, schaumig. Erholt sich aber dann sehr rasch.
	p. m.	4,33	22,5	3²⁰		Genau wie a. m.; nur speichelt das Thier sofort stark bis zum Schluss. Lässt weichen Koth
	6. VIII. a. m.	0,67	24	3²⁰		Ohne Symptome.
—	p. m.	0,92	24	3²⁰		Ohne Symptome.
Kaninchen II.	7. VIII. a. m.	1,0	24	3²⁰		Ohne Symptome. Nasse Nase.
Ohne Symptome	8. VIII. a. m.	4,3	24	4		Speichelt in den ersten 2 Std. wenig, dann bis zum Schluss anhaltend mittelkräftig. Lässt Koth. Augen häufig geschloss., Nase nass. Nach d. Herausnehm. starkes schaumiges Speicheln. Ganz matt.

Die Resultate der Versuche sind kurz die folgenden:

Bei einem $3^1/_2$ stündigen Aufenthalt zeigen Hunde keine auffallenden Symptome, wenn der Gehalt der Luft 0,25—2,7 mg pro Liter wechselt, erst bei 4,5 mg wurden etwas feuchte Augen, bei 6,0 mg leichte Symptome von Nasen- und Conjunctivalreizung beobachtet. Ein einziges Mal erbrach ein Hund bei 0,65 mg pro Liter, was, da es vor und nachher nicht mehr vorkam,

als zufällig angesehen wurde. Eine deutliche Wirkung auf's Nervensystem fehlte.

Empfindlicher zeigten sich Katzen, obwohl zwei besonders kräftige, schwere Thiere von 3—4 kg verwendet wurden.

Von 0,38—0,9 mg pro Liter wurden keine auffallenden Symptome beobachtet, von 0,9 oder 1,0 ab leichte Reizsymptome (feuchte Nase) bei beiden Thieren. Speichelsecretion — ein bei Katzen so unendlich oft und in den verschiedensten Gasen von mir beobachtetes Symptom — trat bei Katze II von 1,6 ab regelmässig auf und erreichte bei den grossen Dosen 4,1—4,3 hohe Grade, Katze I speichelte viel weniger, ja bei der höchsten Concentration 6,0 fehlte sogar Speicheln gänzlich. Beide Thiere liessen mehrfach Koth, was bei der Neigung der Katzen zu Diarrhöen nur etwas beweist, wenn der Koth fest ist.

Schwerere Symptome von Seiten des Nervensystems traten etwa von 4 mg pro Liter auf. Katze II zeigte 3 mal nach $3^1/_2$ bis 4 stündiger Einwirkung von 4,1—4,3 mg pro Liter Mattigkeit und taumelnden unsicheren Gang. Das Thier wich in Curven abwechselnd nach rechts, dann nach links von der Geraden ab und beschrieb somit eine Art Schlangenlinie beim Gehen. Katze I vertrug einmal 4,5 ohne besondere Wirkung auf das Nervensystem, wenn man nicht ein auffallend ruhiges Verhalten als Terpentinwirkung aussprechen will. Bei 6,0 trat nach 3 Stunden im Kasten ein wirkliches Zusammenbrechen unter Schwanken ein — ein Verhalten, wie es ein Thier auch in jedem anderen narkotisch wirkenden Gase zeigt. Als das Thier jetzt rasch herausgenommen wurde, zeigt es sich vollkommen bewusstlos, erholte sich aber nach kurzer Zeit soweit, dass es taumelnd zu gehen versuchte, nach 20 Min. war das Thier bis auf etwas Schwäche in einem Hinterbein wieder leidlich normal — es blieben auch keine Nachwirkungen zurück.

An Kaninchen sind nur kleine Dosen von höchstens 1,8 mg pro Liter versucht, die Wirkung war niemals auffällig.

Aus diesen Versuchen lässt sich das praktische Resultat ableiten:

Selbst ziemlich grosse Terpentindosen (bis etwa 3—4 mg pro Liter) sind eingeathmet für Hunde und Katzen — von leichten Reizsymptomen der Schleimhäute abgesehen — wenig acut schädlich, grössere Dosen (4—6 mg) wirken als schwaches Narcoticum auf Katzen. Nach einer grösseren Reihe solcher Versuche war kein bleibender Schaden zu constatiren.

Immerhin werden wir von einem Gift, das bei 4—6 mg pro Liter merklich narkotisch wirkt, annehmen müssen, dass es schon bei geringeren Dosen leichte, an Thieren unbemerkt bleibende cerebrale Symptome, wie Kopfweh, mache. Welche Dosen beim Menschen dazu nothwendig sind, ist nur durch Menschenexperimente zu bestimmen, an die ich mit meinen Versuchsmitteln, mangels einer Bestimmungsmethode für kleine Terpentinöldampfmengen nicht gehen konnte.

Von Appetitlosigkeit, Abmagerung, Kraftlosigkeit, wie sie Schuler[1]) neben Conjunctivitis, Kopfweh und Zuständen halber Betäubung an Fabrikarbeitern in Terpentinatmosphäre beobachtete, war in den Thierversuchen noch nichts zu merken, sie dauerten dazu wohl sicher nicht lange genug[2]).

Im Anschlusse an diese meine eben beschriebenen Versuche theile ich einen kurzen Ueberblick über Versuche mit Terpentininhalation mit, die ich schon 1882 noch als Assistent von Prof. L. Hermann im Züricher physiologischen Institut angestellt habe und über die bisher nichts publicirt ist. Die Versuche waren aus ganz anderem als toxikologischem Interesse begonnen, lieferten aber doch eine Reihe toxikologisch interessanter Daten und ergänzen meine jetzigen Versuche insofern als hier offenbar relativ grosse, allerdings nicht näher bekannte Dosen zur Anwendung kamen. Concentrationen dieser Art habe ich — da sie kein grosses fabrikhygienisches Interesse haben, mit meinem

1) F. Schuler. Die glarnerische Baumwollenindustrie Viertelj.-Schrift f. öff. Ges., IV., 103.

2) Was Kobert a. a. O. S. 91 über die sehr interessanten Resultate chemischer Versuche berichtet, dürfte ohne besonderes hygienisches Interesse sein, denn es handelt sich offenbar um Thiere, die täglich Injectionen relativ erheblicher Terpentinmengen erhielten.

Apparate neuerdings nicht zu erzeugen versucht, es wäre auch nur möglich solche Dosen zu erzeugen, wenn man den ganzen Reinluftstrom durch terpentinölhaltiges Material strömen liesse. Bei diesen früheren Versuchen wurde mit einer durchaus primitiven Versuchsanordnung gearbeitet, da aber durch Controlversuche bewiesen ist, dass Sauerstoffmangel und Kohlensäureanhäufung das Resultat nicht trübten, so sind sie als Orientirungsversuche über die Inhalationswirkung grosser Dosen recht brauchbar.

Versuch I.

Ein Meerschweinchen sitzt unter einem Glastrichter neben einer Schale mit Terpentinöl. Nach 2 Stunden 10 Min. noch kein auffallendes Symptom, ab und zu etwas Kratzen an der Nase. Harn stark nach Veilchen riechend.

Versuch II.

Ein Meerschweinchen wird in einen grossen Trichter gesetzt, der durch ein Loch in der Tischplatte gesteckt wird und unten offen bleibt. Neben dem Trichter stellt man 2 Terpentingefässe auf den Tisch und stülpt über Trichter und Terpentingefässe eine grosse Glasglocke.[1]) Das Thier bleibt hier etwa 4 Stunden, ab und zu wird es zu genauerer Beobachtung herausgenommen, aber alsbald wieder unter den Trichter gesetzt.

Schon nach 17 Min., während welcher Zeit keine gröberen Störungen aufgefallen waren, tritt ein starker Convulsionsanfall ein, mit starkem, ziemlich frequentem Nystagmus. Das Thier erholt sich in ein paar Minuten an der frischen Luft.

Nach 35 Min. zweiter Krampfanfall: Exquisite Wälzbewegungen um die Längsachse, Augen verdreht. Kothabgang. Hierauf sitzt das Thier matt, einmal nach links, einmal nach rechts sinkend wieder im Trichter.

Nach 50 Min., nach krampfhaftem Trommeln mit den Hinterbeinen gegen die Trichterwand und sehr starkem Zittern, wirft sich das Thier plötzlich krampfhaft zur Seite. Rasch herausgenommen, wälzt es sich abwechselnd rechtsherum und linksherum, Augen nach unten und innen verdreht, sodass man das Weisse stark sieht. Während des Wälzens krampfhafte Zuckungen in den Vorder- und Hinterbeinen. Mit den Händen gehalten, verdreht das Thier seinen Kopf manchmal so stark, dass derselbe im Nacken steht.

1) Ein Controlversuch, der an dem gleichen Meerschweinchen den nächsten Tag im gleichen Apparat, aber ohne Terpentin, ausgeführt wird, ergiebt, dass das Thier die dabei eintretende etwaige Kohlensäureanhäufung und Sauerstoffabnahme sehr gut erträgt. Es verweilt — während der letzten Stunde war sogar der Trichter unten verschlossen — fast 3 Stunden in dem Apparat ohne Vergiftungs-Symptome.

Digitized by Google

Nach 67 Min. abermals ein Anfall. Die Rotationsbewegungen um die Längsachse gehen von links nach rechts und rechts nach links abwechselnd. Nystagmus mehrmals sehr schön und frequent beobachtet, meist horizontal, manchmal aber deutlich vertical. Augenverdrehungen nach unten und innen wechseln mit nystagmischen Bewegungen. Mehrmals deutlicher Streckkrampf der Hinterbeine.

Nach 95 Min. neuer Anfall von 5 Min.

Nach 135 Min. neuer Anfall, nach demselben sitzt das Thier schwankend und taumelnd da.

Nach 160 Min. wieder ein Anfall, wie nach 65 Min., doch etwas milder, wohl weil man das Thier aus dem Käfig nahm, ehe der Anfall auf der Höhe war. Bei den Wälzbewegungen fällt wieder der häufige Wechsel der Rotationen in der einen mit denen in der anderen Richtung auf. In Körpermuskeln und Zunge starke, fibrilläre Zuckungen.

Nach 195 Min., vor 10 Minuten ein leichter Anfall, die nächste Viertelstunde wechseln zweimal heftige Anfälle mit ruhigeren Zeiten, in denen ein starkes Zittern das Thier erschüttert.

Von 200—240 Min. noch zweimal Krampfanfälle. Nach denselben keine typischen Lähmungen, nur Schwäche.

1 ½ Stunden nach dem Herausnehmen ist das Thier scheinbar wohl [1].

Versuch III.

Ein halbwüchsiges Kaninchen bekommt in 1 Stunde in einem grossen, locker bedeckten Blechgefäss, in dem mit Terpentin getränkte Tücher am Boden liegen, neben einzelnen Reizerscheinungen vorwiegend die Symptome einer leichten Narkose.

Ein andermal fing das gleiche Thier bei der gleichen Versuchsordnung laut zu schreien an, machte intensive Wälzbewegungen und zeigte exquisiten Nystagmus schon ¼ Stunde, nachdem die Terpentininhalation begonnen.

Ein ähnliches, halbwüchsiges Thier liess ich durch Müller'sche Ventile erwärmtes Terpentinöl athmen, die Wirkung bestand in Husten, Schreien, Taumeln, Wälzbewegungen, die Symptomenreihe konnte mehrmals hintereinander erhalten werden.

Versuch IV.

Auch an einer Krähe wurden eine ganze Anzahl von Vergiftungsversuchen mit reichlichen Terpentindämpfen erfolgreich durchgeführt. Das Thier bekam stets häufiges Erbrechen, frequenten Abgang von nach Veilchen riechenden Kloakeninhalt und ganze Serien der interessantesten Krampfanfälle. Die Krämpfe sind vorwiegend clonisch, selten tonisch und tetanisch, Wälzbewegungen, Zeigerbewegungen, Flügelschlagen, krampfhafte Pickbewegungen wechselten, dabei besteht prachtvoller Nystagmus und oft starke, fibrilläre Muskelcontraction.

---

1) Interessant erscheint, dass zwischen den ersten vier Anfällen je 15 bis 17 Minuten liegen, die späteren zeigen etwas längeres Intervall.

Digitized by Google

Auf zahlreiche interessante Versuche am Frosch kann ich in diesem Zusammenhang nicht näher eingehen, auch bei diesem Thier brachte Terpentinöldampf die verschiedensten clonischen und tonischen, seltener tetanischen Krämpfe hervor, die mit Lähmungserscheinungen wechselten. Die Muskeln zeigen oft prachtvolle fibrilläre Zuckungen.

All' diese Versuche stimmen darin überein, dass die Einathmung grösserer Terpentinöldosen sehr heftige Krämpfe, clonischer, tonischer und tetanischer Art[1]) erzeugt, ebenso dass Wälz- und andere Zwangsbewegungen, wie sie bei Schwindel typisch sind, fast regelmässig auftreten. Es sind also starke Terpentinöldosen — auch wenn sie das Leben, wie in meinen Versuchen — nicht rasch direct gefährden, doch als sehr bedenklich anzusehen, und es ist ihnen daher a priori sehr wohl zuzutrauen, dass sie mit der Zeit bleibende Störungen des Nervensystems hervorbringen, grade so wie alle anderen stärkeren Nervengifte. Diese Erfahrungen werden zum Misstrauen auch gegen mässige Terpentinöldosen (3—4 mg pro Liter) führen müssen, wir werden vermuthen dürfen, dass unsere Versuchsthiere, die bei 6 mg pro Liter leichte narkotische Symptome zeigten, mit der Zeit auch bei 3—4 mg bleibenden Schaden davongetragen haben würden.

1) Grisar hat früher für den Frosch, und in einer sehr grossen Versuchsreihe Kobert auch für den Warmblüter die antagonistische Wirkung »kleiner Terpentindosen« bei Strychninvergiftung dargethan. Er konnte durch Injection von kleinen Mengen einer 1 proc. Terpentinölemulsion in die Venen die Thiere zu einem erheblich besseren resp. längeren und krampffreien Ertragen von Strychnindosen bringen. Grössere resp. grosse Dosen intravenös einverleibten Terpentinöls steigerten jedoch sogar die Strychninwirkung, was gut mit den hier niedergelegten Versuchen stimmt.

Digitized by Google

Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung technisch und hygienisch wichtiger Gase.

Theil IX: Untersuchungen über die langdauernde Wirkung mittlerer Kohlensäuredosen auf den Menschen.

Unter Mitwirkung von Herrn Dr. **Hans Bickel** aus Kempten und Herrn Dr. **Karl Herrligkoffer** aus Kallmünz.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann.**

(Aus dem hygienischen Institut zu Würzburg.)

1. Literatur.

Durch neuere Untersuchungen ist festgestellt, dass ein Kohlensäuregehalt von 7 bis 8% ab den Menschen ziemlich rasch krank machen. Emmerich[1]) konnte gelegentlich einer Prüfung der Gefährlichkeit von Kohlensäurekühlmaschinen bei einem Gehalt von 8,4% an einigen Personen verschieden starke Dyspnöe, Röthung des Gesichts und etwas Kopfweh bemerken, während ca. eines 10 Minuten dauernden Versuches. Nur bei einem der Theilnehmer, welcher 10. Minuten länger ausgehalten hatte, dauerte das intensiver gewordene Kopfweh etwas länger an.

Speck[2]), dem wir so viele sorgsame Arbeiten auf diesem Gebiete verdanken, findet, dass sich Luft bis zu 7% Kohlensäure trotz der enormen Vermehrung der Respirationsgrösse noch

1) Emmerich, Ist das Ausströmen von grossen Mengen Kohlensäure in Arbeitsräumen durch Defectwerden von Kohlensäure-Kühlmaschinen gefährlich? Flugblatt, c. 1886.

2) Speck, Carl, Physiologie des menschlichen Athmens. Leipzig, 1892.

Digitized by Google

leicht und ohne Beschwerden, ja mit etwas Behagen einathmen lasse. Erst von diesem Gehalt ab wurde das Athmen etwas unbehaglich ängstlich, ohne eigentliche Beklemmung, und es stellte sich etwas Schweiss ein. Die Versuche hätten aber noch ohne Noth über die Versuchsdauer von $2^1/_3$ Minuten (!) hinaus fortgesetzt werden können.

Bei einem CO_2-Gehalt der Einathmungsluft aber von 11,5% war schon der erste Athemzug unangenehm, benommener Kopf, undeutliches Sehen, Schweiss, Zittern der Hände traten auf, sodass er mit Mühe den Versuch 1 Minute lang aushielt. Nicht das Gefühl der Athemnoth, sondern die Nähe der Bewusstlosigkeit machte die Fortsetzung des Versuches unmöglich. Selbst nach dem Einathmen frischer Luft dauerte es unter tiefen Athemzügen minutenlang bis behaglicher Zustand eintrat. Schwere der Glieder und Unsicherheit der Hände dauerten fast eine Viertelstunde.

Nach Löwy[1]) zeigt sich bei mehr als 6% CO_2 in der Ausathmungsluft schon etwas Dyspnöe, die bei 8% schon hohe Grade erreicht. Leider gibt er nicht an, wie stark der CO_2-Gehalt der Inspirationsluft war, die eine Exspirationsluft von 8% lieferte, nach Speck's Tabelle 39, a. a. O. S. 129 würde eine Exspirationsluft von 6% etwa eine Inspirationsluft von 5,4, einer von 7 bis 8% eine Inspirationsluft von 7 bis 8% entsprechen, so dass Löwy's Angaben sehr gut mit denen von Speck und Emmerich stimmen.

Soweit ist die Sache klar, es ist auch klar, dass die Schädigung durch die Kohlensäuregehalte, etwa über 8%, darauf beruht, dass die CO_2-Ausscheidung durch den hohen Gehalt der Inspirationsluft an Kohlensäure gestört ist, ja, dass von einem bestimmten Procentgehalt der Inspirationsluft ab die Athmung geradezu zu einer Kohlensäure-Aufnahme statt zu einer Kohlensäure-Abgabe führen muss. Dieser Punkt scheint nach Speck's Tabellen etwa bei 8% der Inspirationsluft zu liegen.

1) Löwy, Zur Kenntnis der Erregung des Athemcentrums. Pflüger's Archiv, Bd. 47, S. 607.

Digitized by Google

Schwieriger wird der Entscheid nach der Giftigkeit der Kohlensäure, wenn wir niedrigere Werthe in's Auge fassen, etwa 1 bis 4%. Uebereinstimmend gaben alle Autoren an, dass von der Wirkung solcher Gehalte nicht viel zu merken ist.

Pettenkofer befand sich stundenlang wohl bei 1% Kohlensäure, Forster beobachtete weder an sich noch an Anderen Störungen, als sie sich 10 Minuten bei 4% Kohlensäure aufhielten, und all' die oben citirten Arbeiten enthalten implicite oder explicite die Angabe, dass Dosen bis etwa 6% mehr oder weniger lang ohne merkliche Einwirkung gewesen seien.

Sind diese Dosen auch unschädlich, resp. sind sie vielleicht nur bei längerer Einwirkung schädlich?

Hören wir zuerst noch die experimentellen Ergebnisse. Speck (a. a. O.) schliesst aus seinen Versuchen an sich selbst, dass schon von 1% CO_2 in der Inspirationsluft die CO_2-Ausscheidung gestört sei. Da aber die Versuche nur 2 bis 9 Minuten dauerten, so kann ich — ganz abgesehen von einigen Widersprüchen und der nicht sehr grossen Zahl der Resultate — aus ihnen nur schliessen, dass ganz im Anfang beim Uebergang aus kohlensäurearmer in kohlensäurereiche Luft die Kohlensäure-Ausscheidung gestört sei. Erst durch länger dauernde Versuche können für die Praxis wichtige Resultate gewonnen werden, wie dies ja auch Speck offenbar selbst einsieht.

Ganz der gleiche Einwand ist gegen die Versuche von Grehant (Jahresbericht für Thierchemie 1880, Nr. 259) zu machen, der in ca. 15 Minuten dauernden Versuchen nachweist, dass ein Hund von 9 Kilo ausscheidet:

Bei einem CO_2-Gehalt der Inspirationsluft von

0% : 2,76 g über die aufgenommene Menge
1% : 2,1 g » » » »
1% : 1,7 g » » » »
3% : 0,26 g » » » »

Die Versuchsanordnung von Raoult (Compt. Rend., Bd. 82, S. 1101) führt dagegen zu hygienisch werthvolleren Resultaten. Die Versuche ermitteln die Kohlensäure-Ausscheidung (über die Aufnahme) und die Sauerstoff-Aufnhame bei Kaninchen, die ca.

1 Stunde die Gasmischungen athmeten. Sind auch die Resultate durchaus nicht sehr übereinstimmend, vielmehr mit auffallenden Unregelmässigkeiten behaftet, so scheint doch aus ihnen hervorzugehen: Bei steigendem Kohlensäuregehalt der Inspirationsluft nimmt die pro Stunde über die Einfuhr ausgeschiedene Kohlensäuremenge erheblich ab — aber nicht durch Anhäufung von Kohlensäure im Organismus, sondern durch erheblich verminderte Kohlensäurebildung, der eine erheblich verminderte Sauerstoff-Aufnahme entspricht. Die Versuche bedürfen aber entschieden der vom Autor am Schluss in Aussicht gestellten Weiterführung, um einwandfreie Schlüsse zu gestalten. Ausserdem ist der niedrigste Kohlensäuregehalt, den Raoult anwandte, 5,8%, schon eine entschieden toxische Dose, und von den niederen Gehalten 1 bis 3% berichtet er gar nichts.

So wenig diese Resultate ausreichen zur Lösung der Frage, so wird man doch nicht umhin können zuzugeben, dass dieselben eher für als gegen eine Schädlichkeit mittlerer Kohlensäuredosen sprechen. Man wird folglich erwarten, dass sich diese Schädlichkeit auch durch die Erfahrung der Fabrikhygiene beweisen lasse. Diese Erwartung wird aber getäuscht. Alle Beweise, die sich auf die Gesundheitsverhältnisse der Bergarbeiter stützen, sind sehr skeptisch aufzunehmen, und beim besten Willen, die Kohlensäure mitverantwortlich zu machen für viele Schäden, wird man doch die Wirkung von Hitze, Luftfeuchtigkeit, Staub, ungenügender Hautpflege, Lichtmangel, unzweckmässiger Ernährung, Kohlenoxyd, Ankylostomiasis und vieler anderer Schädlichkeiten schwer ausschliessen können, jedenfalls kaum jemals ein reines Resultat erhalten.

Zudem scheint der Kohlensäuregehalt meist nicht sehr hoch zu sein, nach Meissner (Hygiene der Berg- und Tunnelarbeiter S. 265) enthielten von 88 Proben ausziehender Wetterströme, die Anfangs der achtziger Jahre von der preussischen Schlagwettercommission untersucht wurden, nur drei 1,0 bis 1,4% Kohlensäure, 32 über 0,5% und 9 sogar unter 0,1%. Zudem soll jetzt die Ventilation meist so verbessert sein, dass über 0,5% in einem ausziehenden Strom zu den Seltenheiten gehört.

Wenn Meissner (a. a. O., S. 265) den Gehalt von 2 bis 3% höchst nachtheilig und 5 bis 6% tödtlich nennt, so ist das wohl eine nicht streng bewiesene Meinung, aber auch für die Angabe von Füller (a. a. O. S. 315), dass regelmässig wiederholte längere Einathmung einer Luft von 1½ bis 2proc. Kohlensäuregehalt allmählich den Körper schädigt, fehlt ein stricter Beweis, so wahrscheinlich die Angabe klingt.

Ich unterlasse es daher, die verschiedenen mehr oder weniger wahrscheinlichen Behauptungen der Autoren über den Antheil, den gerade der Kohlensäuregehalt der Luft an der Gesundheitsschädigung der Minenarbeiter (z. B. an der Anaemie[1]) haben soll, näher zu besprechen, recht beachtenswerth erscheint mir allerdings die Angabe von Seltmann[2]), dass Arbeiter, die viel in schweren (kohlensäurereichen) Wettern beschäftigt waren, viel häufiger an Emphysem erkranken als andere. Er gibt an:

Von 239 Arbeitern, die nur in guten Wettern arbeiteten, waren emphysematisch 7,9%;

von 410 Arbeitern, die selten und kurz in schweren Wettern arbeiteten, waren emphysematisch 37,6;

von 293 Arbeitern die anhaltend in schweren Wettern arbeiteten, waren emphysematisch 62,1%.

Im Uebrigen haben wir die neueren Lehr- und Handbücher der Hygiene und speciell der Fabrikhygiene resultatlos nach specielleren Angaben durchsucht.

2. Eigene Versuche.

Bei dieser Sachlage schienen mir neue Untersuchungen über die Wirkung mittlerer Kohlensäuredosen bei lang dauernder Einwirkung sehr nöthig. Da bei einem so schwachen Gifte, wie bei der Kohlensäure, von vornherein Thierversuche wenig

1) Ich kann es nicht als einen strengen Beweis für den Zusammenhang einer bestimmten Krankheit (z. B. Anaemie) mit dem CO_2-Gehalt der Luft ansehen, wenn durch Ventilation diese Krankheit seltener wird. Es ändert sich mit starker Ventilation doch noch so mancherlei (Temperatur, Wassergehalt der Luft etc.), was nicht ohne weiteres, höchstens in einem oder anderem besonders günstig beschaffenen Bergwerk, unbeachtet bleiben darf.

2) Nach Füller, Hygiene der Berg- und Tunnelarbeiter, S. 329.

geeignet erschienen, die Sache aufzuklären und richtig gewonnene Erfahrungen am Menschen stets sehr viel werthvoller als die Ergebnisse von Thierversuchen sind, es aber nicht anging, Menschen zu Versuchszwecken wochenlang täglich in eine Kohlensäure-Atmosphäre zu setzen, so verfiel ich auf den Gedanken, Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Gährräume von Brauereien und über den Gesundheitszustand der dort beschäftigten Arbeiter anzustellen. Diese Untersuchungen sind von den Herren Herrligkoffer und Bickel[1]) in den letzten zwei Semestern in zwei fränkischen Brauereien unter meiner Aufsicht ausgeführt worden, und zwar waren wir in der glücklichen Lage, in einer ganz neuen aus einem Guss gebauten Brauerei (A), sowie in einem zweiten Etablissement (B), das sich aus kleineren Anfängen allmählich durch Zubauten vergrössert hat, unsere Studien machen zu können.

Der Kohlensäuregehalt in den Gährräumen.

Brauerei A. Neue musterhafte Anlage.

Sohle des Gährkellers 8 m unter der Erde. Länge 70 m, Breite 20 m, Höhe 7 m. Wie Fig. A zeigt, zerfällt der Raum durch 6 Zwischenwände in 7 Kammern, die vorn durch einen Gang zusammenhängen. Die Aussenwand trägt 7 Fenster und 7 Luftschächte, die Rückwand hat 10 cm über dem Boden je eine Exhaustoröffnung für jede Kammer. Die Ventilatorflügel haben 80 cm Durchmesser; sie machen, durch Dampfkraft bewegt, 300 Umdrehungen in der Minute. Der Ventilator ist während der Sommermonate (Mai bis September) von Früh 3 Uhr bis Abends 5 Uhr in Thätigkeit, im Winter nur nach Bedarf. Die Luftschächte sind bei Nacht immer geschlossen, bei Tag nach Bedarf offen. In jeder Kammer stehen, den Wänden nach aufgestellt, zwei Reihen Gährbottiche (zusammen 20 Stück), die je 35 hl fassen, und die insgesammt eine Oberfläche von 350 qm besitzen. Die einzelnen Kammern

1) Ausführlicher sind die Resultate der Herren Bickel und Herrligkoffer in ihren Dissertationen (Würzburg 1898) niedergelegt.

Digitized by Google

sind nicht immer gleichzeitig voll besetzt und der verschiedenen Gährungsphase der einzelnen Bottiche entspricht eine sehr verschiedene Kohlensäureproduction. Wir unterscheiden drei Gährungsphasen, die ersten 2 Tage (Anfangsstadium), die Zeit vom 3. bis 6. Tag, in der die Gährung ihr Maximum erreicht (Stadium der Hochkräusse) und endlich die letzte Periode vom 7. bis 9. Tage (Stadium der Nachgährung). Die Bottiche stehen auf 0,5 m hohen Gestellen, das Niveau des Bieres befindet sich etwa 2,0 m, der Rand der Bottiche etwa 2,3 m über dem Fussboden.

Die Entnahme der Kohlensäureproben geschah theils in Kopfhöhe (1,5 m über dem Boden) theils mittelst Leitern 0,3—0,4 m über der Bieroberfläche, d. h. 2—2,5 m über dem Boden.

Die Temperatur im Gährkeller betrug stets etwa + 5° R.

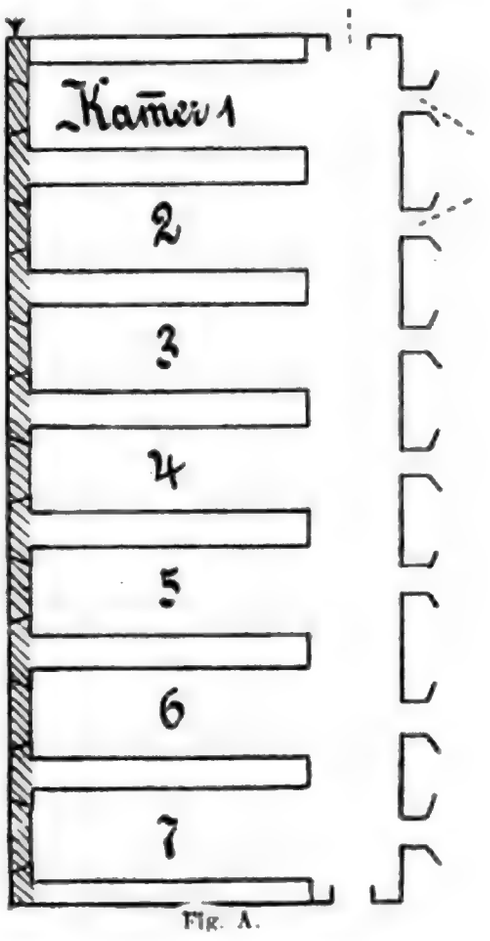


Fig. A.

Brauerei B. Aeltere, vielfach im Laufe der Zeit vergrösserte Anlage.

Sohle des Gährkellers 12 m unter der Erde. Die Räume sind 7 m hoch, 50 m lang und 25 m breit, 4 der Längswand parallele Mauern zerlegen den Raum in 5 Kammern, die in ihrer Mitte durch einen Gang geschnitten resp. verbunden sind. (Fig. B.)

Gährbottiche sind 203 vorhanden, 30 in der ersten, 40 bis 46 in den hinteren Kammern, jeder Gährbottich enthält 28 bis 30 hl Bier. Die Bottiche sind auf 1 m hohen Gestellen aufgestellt, die Entnahme der Luftproben geschah theils 1,5 m über dem Fussboden, theils 3 m über dem Fussboden, d. h. ca. 0,5 m über der Bieroberfläche. Einzelne Analysen sind nur einige Centimeter über der Bieroberfläche entnommen.

Im Winter sind sämmtliche Gährbottiche stets gefüllt, die gährende Bieroberfläche beträgt dann etwa $203 \cdot 2{,}0 = 406$ qm, im Sommer sind etwa $^3/_4$ der Gährbottiche in Verwendung.

Zur Luftzufuhr dienen vier Luftschächte in Kammer V, sowie einer in Kammer II. Die Luftabfuhr besorgt ein grosser Ventilator (Durchmesser des Flügelrades 1,6 m), die Oeffnung für die Luftabsaugung ist 30 cm über dem Boden der Kammer IV. Der Ventilator ist während der Sommermonate »Tags über mehrere Stunden in Thätigkeit, während der Wintermonate nur sporadisch nach Bedarf«. Die Luftschächte sind bei Nacht immer geschlossen, bei Tag nach Bedarf geöffnet.

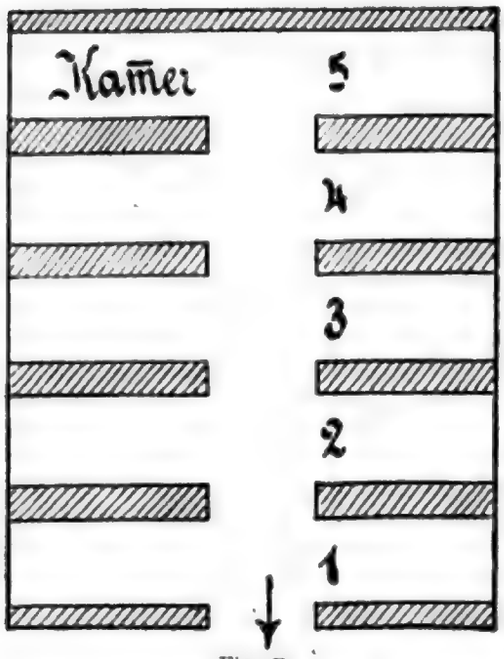


Fig. B.

Die Temperatur bewegt sich stets zwischen 4 und 6° R.

Die Untersuchung des Kohlensäuregehaltes geschah theils nach der Pettenkofer'schen Flaschen-, theils nach der Röhrenmethode unter Verwendung entsprechend starken Barytwassers, grosser Barytwassermengen und ziemlich kleiner Luftvolumina. (1 bis 3 l).

Die Resultate theilen wir tabellarisch mit. (Siehe Tabelle I und II auf S. 343.)

Wie zu erwarten, haben die Untersuchungen sehr erhebliche Kohlensäuregehalte festgestellt. Fanden sich auch in Brauerei A in Kopfhöhe über dem Boden meist nur Werthe von 1 bis 7‰, so wurden doch auch Werthe von 8,5, 11, 12, ja 18‰ an Stellen gefunden, in deren Nähe eine recht intensive Gährung verlief. In der Höhe von 3 m — also in Kopfhöhe der Arbeiter, die Verrichtungen an den Gährbottichen zu besorgen hatten — war der Gehalt meist höher als bei 1,5 m, er bewegte sich zwischen 2,3 und 15‰, doch sind auch Werthe von 62, 63 und 79‰ verzeichnet gefunden in Luftproben, die man nach Wegschieben der Kräussenberge 1 bis 2 dm über der Oberfläche des gährenden Bieres gesammelt.

Digitized by Google

Datum	Aussen-temp.	Luft-schächte	Venti-lation	Kohlensäuregehalt 1,5 m vom Boden in ‰							Kohlensäuregehalt in ‰, 2–4 dm über der Bieroberfläche			
				A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
	Cels.													
20. I. 98 3–4h p. m.	+ 0°	offen	keine	3,3 Stad. I	4,6 Stad. II						4,5 Stad. I	11,9 Stad. II	15,2 Stad. II	
21. I. 98 4—5h p. m.	+ 3°	offen	keine	0,9 Gang	0,7; 0,7 Gang						61,8 Stad. II	10,3 Stad. II		
24. I. 8h a. m.	+ 4°	offen	keine	3,01 Stad. III	4,0 Stad. III	4,0 Stad. II					9,8 Stad. II	63,4 Stad. II	2,3 Stad. I	3,6 Stad. III
28. I. 4—5h a. m.	+ 7°	geschlossen	keine	6,8 Stad. III	8,5; 8,5 Stad. III	12,0 Stad II	2,3; 2,1 Stad. I				12,3 Stad. II	78,7 Stad. II		
17. VI.	+18°	offen	im Gang	18,3 Stad. II	7,2 Stad. II	11,0 Stad. II	3,7 Stad. I	4,9 Stad. I	1,7 Kammer leer					
19. VI. 4—5h Früh	+17°	absichtlich geschlossen	absichtlich ausser Function	29,4 Stad. III	17,2 Stad. II	35,6 Stad. II	18,0 Stad. III	102,1 Stad. II	99,0 Stad. II	24,2 Stad. II				

Tabelle II. (Brauerei B.)

Datum	Aussen-temperat.	Luft-schächte	Venti-lation	Kohlensäuregehalt in 1,5 m vom Boden in ‰						CO_2 in 3 m vom Boden in ‰			CO_2 direct 1–2 cm über Bottichen (alle Analysen Rohrenmethode) ‰ [2]			Am Boden ‰	In ½ m Höhe am Boden ‰
				A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O
	Cels.																
1. II.	+ 6°		keine	21,9 Stad. II	21,5 Stad. II	26,9 Stad. II	21,9 Stad III	9,7 zwischen leeren Bottichen	16,8 Stad III	14,0 Stad. II	24,8 Stad II						22,8 Stad II
3. II.	+ 4°		keine	17,9 Stad. III						6,5 Stad III	15,4 Stad. III				314,2 über Krausse	14,8 Stad. III	
3. III.	+ 7°		?	7,8 Stad III	8,3 Stad. I	12,3; 12,3 Stad. II	5,01 [1] Stad I			11,54 Stad. II	6,74 Stad. III	11,13 Stad. II	414,0 über Krausse			7,0 Stad. III	13,0 Stad. II
8. III.	+ 5°		?	7,8 Stad III									311,1 Entfern. d. Krausse	799,4 nach	679,1 über Krausse		
14. VI	+24°		im Gang	21,5 Stad. II	19,2 leer	20,3 Stad III	19,3 Stad III			22,6 Stad II	20,6 Stad. III						
15. VI.	+24°		im Gang	17,4 Stad III	18,0 Stad. II					17,2						20,2 Stad. I	19,4
17. VI. 2½h a. m	+15°	geschloss.	absichtlich ausser Funct	147,3	116,8	132,0 Stad. III	139,4 Stad. III			141,4						183,4	

1) Halle 1, Thüre gegen das Stiegenhaus offen.

2) Analysen von nur theoretischem Interesse.

Bei geschlossenen Ventilationsschichtsn und ausser Betrieb gesetztem Ventilator — also bei den Verhältnissen, wie sie früh morgens vor Oeffnung der Ventilationsöffnungen und Anlassen des Ventilators herrschen — zeigten sich Gehalte von 17 bis 102‰ an den verschiedenen Stellen.

Schlechtere Verhältnisse zeigten sich in der Brauerei B. Bei normalem Betrieb im Winter mit oder ohne Ventilation, im Sommer mit Ventilation, fanden sich in Kopfhöhe seltener 5 bis 10, häufiger 15 bis 26‰ CO_2, in 3 m über dem Boden herrschten etwa die gleichen Verhältnisse.

Am Morgen eines Sommertages, vor Beginn der Ventilation und der Eröffnung der Luftschächte, traten allgemein Werthe von 116 bis 147‰ auf. Bei diesem Gehalt geht jetzt natürlich Niemand von den Arbeitern mehr hinein, sondern man ventilirt zuerst — die Brauerei arbeitete aber vor einer längeren Reihe von Jahren auch schon recht intensiv ohne Ventilator.

Wirkung des CO_2-Gehaltes auf die Experimentatoren.

Von Gehalten bis zu 25‰ wurde von den Herren Bickel und Herrligkoffer, sowenig wie von mir, während der Dauer der oft mehrstündigen Versuche irgend eine Wirkung oder Nachwirkung beobachtet.

Anders verhielt es sich mit den Versuchen bei Kohlensäuregehalt vom 17. Juni. In dem Keller B. herrschte ein Kohlensäuregehalt von 116 bis 147‰, welche Concentration stets nach etwa 2 Minuten zum Verlassen des Raumes zwang. Es trat alsbald Steigerung der Puls und Athemfrequenz, Athemnoth, Kopfschmerz und Brechreiz hervor, zu denen sich als beängstigende Symptome Schwindel und beginnendes Ohnmachtgefühl gesellte. Immerhin hielten es die beiden jungen, kräftigen Männer viermal 2 Minuten, mit etwa 5 Minuten Unterbrechung und zum Schluss wohl 3 bis 4 Minuten in dem Raume aus, ohne andere Nachwirkungen als etwas Kopfschmerzen und Benommenheit zu verspüren. Etwa 1 Stunde nach dem Versuche waren beide Herren, die auch im Keller einer wie der andere reagirt hatten, wieder ganz hergestellt.

Digitized by Google

Bei dem Versuche am 19. Juni im Gährkeller A dauerte es $^3/_4$ Stunden, bis die Schädigung solche Grade erreicht hatte, dass ein Abbrechen der Experimente angezeigt schien. Die Analysen erklären aber leicht die scheinbar höhere Toleranz, etwa $^2/_3$ dieser Zeit hatten sich die Experimentatoren in den vorderen Theilen des Kellers bei 18 bis 35‰ aufgehalten, erst zum Schluss gelangten sie in Räume mit 100‰, welche sie auch zum Rückzug zwangen.

Wirkung des Kohlensäuregehaltes auf die ständigen Arbeiter in Gähranlagen.

In der Brauerei A sind es 5 bis 8 Arbeiter, die fast ausschliesslich im Gährkeller thätig sind:

1. Gährführer G., 38 Jahre alt, seit 14 Jahren hier beschäftigt,
2. Arbeiter A., 28 Jahre alt, seit 3 Jahren hier beschäftigt,
3. » K., 33 » » » 1 » » »
4. » D., 35 » » » 2 » » »
5. » F., 44 » » » 6 » » » . .

Die Arbeiter halten sich täglich etwa 10 Stunden, von morgens 4 oder 5 bis 5 Uhr abends, mit zweistündiger Mittagspause, im Gährraum auf. Der Gährführer controlirt und regelt namentlich die Temperatur des Raumes, des gährenden Bieres und den Grad der Vergährung des Bieres in den einzelnen Bottichen.

Hierzu muss er sich oft mehrere Minuten lang über die Gährbottiche beugen und sich damit in sehr kohlensäurereiche Luftschichten begeben.

Die Arbeiter haben insbesondere das Aus- und Einfüllen des Bieres in die Bottiche, das Reinigen des Gährkellers, die Vermehrung der Hefe u. s. w. zu besorgen.

Sowohl nach Versicherung des Gährführers wie der Arbeiter, fühlen sich bei den in der Regel herrschenden Kohlensäure-Gehalten von 2 bis 12‰ die Menschen durchaus wohl, auch bei langem Aufenthalt. Es ist weder etwas von einer acuten, noch von einer chronischen Wirkung oder Nachwirkung zu constatiren. Mit dieser Versicherung stimmt durchaus das gute

Aussehen, die kräftige, blühende Entwickelung der Leute — in den letzten 10 Jahren kam, abgesehen von einem Fall von chronischem Gelenkrheumatismus, angeblich kein Erkrankungsfall bei den Arbeitern vor. Dabei ist aber daran festzuhalten, dass als Arbeiter in den Gährkellern mit Sorgfalt nur ganz Gesunde und Kräftige ausgewählt werden, und dass Schwächliche nach den Erfahrungen nur schlecht in den Gährkellern aushalten.

Von besonderem Interesse ist die Frage, wie sich die an bescheidene Kohlensäuregehalte gewöhnten Arbeiter gegen die Gehalte verhalten, welche namentlich im Sommer früh morgens, ehe der Ventilator geht und ehe die Luftschächte geöffnet sind, herrschen.

Soweit die Aussagen des Gährführers und der Arbeiter einen Schluss gestalten, schützt sie die Gewöhnung an kleine Dosen durchaus nicht vor der Wirkung der grossen. Es wurde von ihnen, so lange noch kein Ventilator da war, wenn sie sich am Sommermorgen vor Eröffnung des Betriebs in die Räume begaben, um die Luftschächte zu öffnen, über genau den gleichen Symptomencomplex geklagt, wie ihn die Herren Bickel und Herrligkoffer unter analogen Verhältnissen, d. h. bei absichtlich abgestellter Ventilation, beobachteten. Es waren in früheren Jahren — ehe der Ventilator existirte — diese Störungen in den ersten Morgenstunden gar nichts Seltenes. In einer Luft, in der ein Licht häufig erlosch, kroch man oft auf allen Vieren an die Luftschächte, um sie zu öffnen.

Fast identisch lauten die Auskünfte in der Brauerei B Auch hier sind im Sommer 5, im Winter 8 Arbeiter thätig; der Gährführer ein Mann von 36 Jahren, ist seit 16 Jahren, die Übrigen $2^1/_2$, $1^1/_2$ und bis auf $^1/_2$ Jahr herab in den Gährräumen thätig. Die Arbeiter sind besonders kräftige, junge Männer von 19 bis 24 Jahren, weder zur Zeit noch in früheren Jahren sollen bei ihnen irgendwelche Sypmptome chronischer Kohlensäure-Vergiftung hervorgetreten sein, obwohl in der Brauerei B der Durchschnittsgehalt 15 bis 25‰ beträgt. Aber auch in dieser Brauerei erhielten wir die Auskunft, dass schwächliche, nament-

Digitized by Google

lich herz- und lungenkranke Personen im Gährkeller unbrauchbar seien, da sie den Kohlensäuregehalt nicht vertragen könnten. Dabei blieb unklar, ob diese Personen gegen das längere Einathmen von 15 bis 25 ‰ besonders empfindlich sind, oder ob sie nur gegen die höheren Gehalte von 80 bis 140‰, wie sie ab und zu eingeathmet werden müssen, ungenügende Resistenz besitzen. Die gesunden Gährarbeiter vertragen auch nach den Angaben der Brauerei B diese grossen Dosen etwa so gut wie die Herren Bickel und Herrligkoffer, aber nicht besser.

Es lässt sich also aus diesen — sine ira et studio — angestellten Untersuchungen von Kohlensäuregehalten zwischen 1 und 2,5% auf kräftige, gesunde, vorwiegend jugendliche Arbeiter keine gesundheitsschädliche Einwirkung nachweisen, selbst wenn dieser Kohlensäuregehalt jahrelang täglich viele Stunden eingeathmet wird, und daneben dann und wann Dosen von 6 bis 12% leichtere und schwerere acute Intoxicationen herbeiführen. Solche acute Intoxicationen müssen in unventilirten Brauereien zur Sommerszeit ziemlich häufig sein.

Ich hoffe, dass dieses Resultat, das sich naturgemäss zum Theil auf die nicht näher controlirten Angaben von Arbeitern stützt, an anderen Orten nachgeprüft werden wird — ich gestehe, dass ich es nicht erwartet hätte, jedenfalls steht es mit den landläufigen Ansichten in ziemlichem Widerspruche. Ausdrücklich muss ich mich natürlich dagegen verwahren, dass das, was diese Untersuchungen für den vollkräftigen, jungen Mann unter im übrigen sehr günstigen hygienischen Bedingungen ergeben haben, nun ohne weiteres für alle Arbeiter verallgemeinert werde. Immerhin darf man aus unsern Feststellungen wohl schliessen, dass die Gefährlichkeit der Kohlensäure für die Gesundheit des Minen- und Tunnelarbeiters nicht so gross ist wie meist angenommen wird und in den ventilirten Minen jedenfalls zurücktritt gegen andere vorwiegend physikalische Schädigungen.

Ueber die Bestimmung des Bindegewebes im Muskel.

Von

Dr. **E. Schepilewsky**

aus St. Petersburg.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Eine durch Controlversuche als zuverlässig erwiesene Methode, Bindegewebe (Kollagen) neben grösseren Eiweissmengen zu bestimmen, fehlt zur Zeit, es enthält die Literatur infolgedessen auch kaum Angaben über den Bindegewebsgehalt der Muskeln. Herr Professor Dr. K. B. Lehmann, der auf die grosse Bedeutung des Bindegewebes für die Zähigkeit der Muskeln durch seine Versuche[1]) aufmerksam geworden war, schlug mir vor, eine solche Methode auszuarbeiten. Ich that dies gerne und hoffe, dass es mir gelungen ist, trotz der Schwierigkeit der Aufgabe endlich eine brauchbare Methode anzugeben. Hier sei es mir auch gestattet, Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann für das lebhafte Interesse, mit dem er mich bei meiner Arbeit unterstützte, den herzlichsten Dank auszusprechen.

I.

Die gegenwärtige Methode der Bestimmung der Menge des Leims im Fleisch gründet sich auf die Eigenschaft des Bindegewebes (Kollagens) beim Kochen in Leim (Glutin), der in Wasser

1) Ueber die Zähigkeit unserer Nahrungsmittel und ihre Ursachen mit besonderer Berücksichtigung des Fleisches. Vorläufige Mittheilung. Sitzungsbericht der Phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg 1897.

Digitized by Google

löslich ist, überzugehen. Wenn man diese Eigenschaft der leimgebenden Stoffe benutzt, könnte man meinen, einerseits die ganze Menge dieser Letzteren, die im Fleisch enthalten sind, aufzulösen, andererseits in dem auf solche Weise erhaltenen Auszuge mittelst Formalin nach E. Beckmann[1]) den Leim von den Extractivstoffen und Salzen zu trennen. Der Versuch, der nach dieser Methode ausgeführt wurde, gab folgende Resultate:

Versuch I.

Rindfleisch vom Gesässmuskel (M. Glutaeus) wird sorgfältig gehackt, in 2 Portionen, jede von 65 g getheilt, und mit Wasser in einem Dampfkochapparat 12 Stunden lang gekocht. Das Filtrat wird mit 8 Tropfen Formalin verdampft, bei 100° mit 2—3 Tropfen desselben Reagens getrocknet und dann mit lauwarmem Wasser mehrmals sorgfältig gewaschen. Der ungelöste Niederschlag wird bis zu beständigem Gewicht getrocknet.

Die 1. Portion gab 0,6307 g, d. h. 0,97% Formalinrest
Die 2. » » 0,7787 g, d. h. 1,19% »

Indem ich diese Methode in den folgenden Versuchen benutzte, die ausgeführt wurden, um zu bestimmen, innerhalb welcher Zeit das Bindegewebe in die Lösung übertritt (da im vorhergehenden Versuch die Zeit willkürlich genommen wurde) stiess ich auf zwei Schwierigkeiten, die die gänzliche Unmöglichkeit auf diesem Weg irgendwelche taugliche Resultate zu erreichen, zeigten. Erstens tritt bei anhaltendem Kochen des Fleisches zusammen mit dem Kollagen auch ein grosser Theil der Eiweissstoffe in Lösung über, wie das bereits von anderen Autoren (Gmelin, Mulder, Meissner, Neumeister) in Betreff des Fibrins, Syntonins, Caseïns und des Eiereiweiss constatirt wurde. Neumeister[2]) theilt die beim Kochen veränderten und gelösten Eiweisskörper in zwei Gruppen und nennt sie Atmidalbumin und Atmidalbumose. Ausserdem wird nach seinen Beobachtungen beim Kochen des Fibrins immer eine gewisse Menge von Peptonen gebildet. Da nun die beim Kochen gelösten Eiweissstoffe,

1) Verhalten proteïnartiger Stoffe gegenüber Aldehyden. Forschungsber. über Lebensmitt. und ihre Bez. zu Hyg., 21. X. 1896.

2) Ueber die nächste Einwirkung gespannter Wasserdämpfe auf Proteïde etc. Zeitschr. f. Biol., Bd. 8, 1890.

mit Formalin behandelt, leider ebenso wie der Leim, die Eigenschaft einbüssen, sich in Wasser zu lösen, so ist es klar, dass hierin eine Quelle zu hoher Resultate liegt. Infolge der Auflösung der Eiweissstoffe bei anhaltendem Kochen entsteht auch eine andere Schwierigkeit, dass nämlich der Moment, in dem die Auflösung des Kollagen beendigt ist, undeutlich wird. Sowohl das Eine, als das Andere wird durch folgenden Versuch bestätigt, bei dem feingehacktes Fleisch dem wiederholten Kochen unterworfen wurde, d. h. alle 6 Stunden wurde der Auszug durch Filtriren vom Fleisch getrennt und in ihm der Formalinrest bestimmt, die abfiltrirten Reste wurden wieder mit einer neuen Portion Wasser während 6 Stunden dem Kochen unterworfen u. s. w. bis 4 mal.

Versuch II.

100 g Fleisch.

Dauer des Kochens	Menge der Formalinrestes
Kochung I. 6 Stunden	0,2805 g
» II. 6 »	0,4330 »
» III. 6 »	0,3001 »
» IV. 6 »	0,4006 »

Daraus, dass der Formalinrest beim wiederholten Kochen des Fleisches sich nicht vermindert, sondern ziemlich beständig bleibt, muss man schliessen, dass er nur theilweise aus Leim und jedenfalls theils aus Eiweiss resp. Eiweissderivaten besteht. Keinenfalls ist dieser Theil gering, denn Mulder hat schon vom Fibrin gezeigt, dass nach 40 Stunden des Kochens von 100 Theilen 20,67 Theile in Lösung übergehen. Diese Menge der zusammen mit dem Leim gelösten Eiweissstoffe wäre nur dann zu vernachlässigen, wenn zum Auflösen des Bindegewebes nur eine kurze Zeit des Kochens des Fleisches genügen würde; indessen zeigt der Versuch, dass das Kollagen nur nach sehr langer Kochdauer ausgelaugt wird, innerhalb deren eine grosse Menge von Eiweissstoffen in Lösung übergeht. Folgender Versuch mit Sehnen, bei denen der geringe Gehalt der Eiweissstoffe den Process des Auslaugens des Kollagens nicht maskiren konnte, soll als Beweis dienen.

Digitized by Google

Versuch III.

2,2614 bis zum beständigen Gewicht bei 100° getrocknete Sehnen gaben nach 5stündigem Kochen mit Wasser 1,6704 g, d. h. 73,86% des Leims. Die abfiltrirten Reste wurden nochmals während 5 Stunden dem Kochen unterworfen und von ihnen wurden noch 0,1585 g des Leimes, d. h. 7,0% gelöst.

Der Versuch wurde nicht fortgesetzt, aber es ist möglich, dass sogar nach 10stündigem Kochen der Sehnen noch nicht der ganze Leim gelöst wird.

II.

Meine weiteren Bestrebungen waren dahin gerichtet, ein Reagens zu finden, das die durch Kochen gelösten Eiweissstoffe fällen, andererseits die Gelatine in Lösung erhalten sollte. Zwar sind meine Versuche in dieser Richtung völlig misslungen, aber sie sind nicht ohne Interesse zur Charakterisirung der Producte, die bei lange anhaltendem Kochen der Eiweissstoffe und der Gelatine erhalten werden.

Als Reagentien, welche Eiweissstoffe fällen und die gegen Gelatine unwirksam sind, gelten in den Lehrbüchern als allgemein anerkannt die Mineralsäuren, Essigsäure und Salze einiger Metalle (Quecksilber, Eisen, Kupfer, Blei, Aluminium). Mit Hilfe dieser Körper versuchte ich die Atmid-Eiweissstoffe von der Gelatine zu trennen, indem ich diese Producte sowohl einzeln, als in Mischung mit den Reagentien versetzte. Atmid-Eiweisskörper stellte ich her, indem ich Fibrin, Eiereiweiss und die durch kurzes Kochen coagulirten Eiweissstoffe eines kalten Infuses von feingehacktem Fleisch 9—15 Stunden lang mit Wasser im Dampfkochtopf bei ca. 100° kochte. Auf dieselbe Weise verwandelte ich etwas käufliche Gelatine in Gelatinose. Die auf diese Weise erhaltenen Lösungen von Eiweissstoffen und Gelatine haben jedenfalls eine complicirte Zusammensetzung, deren ausführliche Untersuchung aber ausserhalb des Rahmens meiner Arbeit liegt; um Wiederholungen zu vermeiden, wollen wir diese denaturirten Eiweissstoffe Albumose und die bei Kochen veränderte Gelatine Gelatinose nennen.

Die Lösungen der Gelatinose werden bei Zusatz von Essig- und Salpetersäure nicht getrübt; die Albumosen dagegen

theilweise gefällt. Die Eiereiweiss-Albumosen werden zwar durch Säuren besser gefällt als andere, aber auch diese Fällung ist unvollkommen, Säureüberschuss löst die gefällten Eiweissstoffe. Deswegen sind die Säuren zur Trennung der Eiweissstoffe von der Gelatinose nicht anwendbar. Kupfersulfat fällt in neutraler Lösung die Albumosen des Eiereiweisses, wenn man die Mischung sorgfältig neutral erhält; allein Gelatinose hat auch dieselbe Beziehung zu diesem Salz in neutraler oder leicht saurer Lösung.

Viel wirksamer auf die Albumosen des Eiereiweisses ist das schwefelsaure Eisenoxydul. Bei nicht lange anhaltendem Kochen des Eiereiweisses (gegen 2 Stunden) werden die Albumosen in saurer Lösung fast vollständig gefällt. Das Filtrat gibt mit Gerbsäure entweder keine oder eine ganz geringe Trübung; diese Trübung wird im Ueberschuss von Essigsäure leicht gelöst. Die Gelatinose mit dem Eisensalz versetzt gibt in angesäuerter Lösung keine Fällung. Nach längerem Kochen der Eieralbumine werden aber leider auch sie so umgewandelt, dass sie durch das Eisensalz in saurer Lösung nicht vollständig gefällt werden; bei der Neutralisation kann man noch eine ziemlich umfangreiche Fällung hervorbringen, aber dabei wird, wenn man die Reaction in einer Mischung von Albumosen mit Gelatinose ausführt, auch die letztere gefällt. Und je länger man die Eieralbumine kocht, um so mehr verwandelt sie sich in eine Verbindung, die vom schwefelsauren Eisenoxydul in saurer Lösung nicht gefällt wird.

Folgender Versuch, der mit einer Mischung von Albumosen des Eiereiweisses und der Gelatinose ausgeführt wurde, soll dies beweisen.

Versuch IV.

1. Albumosen des Eiereiweisses, das dem 7stündigen Kochen unterworfen wurde, + Gelatinose. Trennung der Albumose durch Eisenoxydulsulfat nach Ansäuerung der Lösung mit Essigsäure. Die Menge des Leims wird, nachdem er aus dem Filtrat durch Gerbsäure gefällt wurde, durch die Methode der Stickstoffbestimmung von Kjeldahl ermittelt.

a) Controlle: 25 ccm der Lösung der Gelatinose enthält 0,3330 g Leim.

b) 25 ccm der Lösung der Gelatinose + 25 ccm der Lösung der Eier-Albumosen. Nach Entfernung der Albumosen durch das Eisensalz

lieferte die Fällung, die durch Gerbsäure gebildet wurde, 0,3535 g Leim, d. h. um 6,1% mehr als in der Controllösung.

2) Die gleiche Mischung der Gelatinose und Albumosen des Eiereiweisses nach 15stündigem Kochen.

a) Controle. 25 ccm der Lösung der Gelatinose enthält 0,2273 g Leim.

b) 25 ccm der Lösung der Gelatinose + 25 ccm Albumosen des Eiereiweisses. Die Gerbsäure-Fällung des Filtrats liefert, nachdem die Eiweisskörper durch das Eisen gefällt werden, 0,2765 g Leim, d. h. um 21,68% mehr als in der Controllösung.

Wie weit die Denaturirung des Eiereiweisses bei lange anhaltendem Kochen geht, habe ich nicht ausführlich untersucht. Es scheint aber ganz gut möglich, dass dabei auch Peptone gebildet werden.[1]) Dafür spricht, dass das nach Behandlung der Eieralbumosen mittelst Eisen erhaltene Filtrat mit Gerbsäure eine Trübung und Flocken liefert, die in Essig- und Salzsäure leicht löslich sind, dabei aber aus diesen Lösungen durch Ammoniumsulfat nicht ausgesalzen werden. Es ist auch anzunehmen, dass ein Theil der Eieralbumine bei lange anhaltendem Kochen zersetzt wird durch Bildung von Amidosäuren, wie das Lubavin[2]) bei hoher Temperatur und unter hohem Druck bei Serumalbumin und Caseïn und wie dies Krukenberg[3]) unter den gleichen Bedingungen bei Fibrin beobachteten. Das Millon'sche Reagens färbte bei meinen Versuchen gesättigtroth nicht nur die Flocken, sondern auch die Flüssigkeit selbst, was man vielleicht auch als Nachweis von in der Flüssigkeit gelöstem Tyrosin auffassen könnte.

Die Fleischalbumosen, die nach 6stündigem Kochen erhalten werden, werden durch schwefelsaures Eisenoxydul noch schwieriger gefällt, als die Eieralbumosen. Aus dem nach Fällung der Fleischalbumosen mittelst Eisen erhaltenen Filtrat kann man, wenn man es mit Gerbsäure behandelt, noch eine bedeutende Menge von Flocken, die theilweise im Ueberschuss von Essigsäure gelöst werden, erhalten. Dass die durch Gerbsäure

1) Neumeister (a. a. O. S. 66) bemerkte die Bildung der Peptone erst nach lange anhaltendem Kochen des Fibrins, während die Eieralbumine unter dieser Bedingung keine Peptone bildeten.

2) Hoppe Seyler's medic.-chem. Untersuch., 1871, S. 481.

3) Ueber den chem. Bau der Eiweissstoffe. Sitzungsber. der Jenaisch. Ges. für Medic. und Naturwissensch., 1886.

gefällten Proteïne zu den gleichen Albumosen und Peptonen gehören, wie sie Neumeister bei anhaltendem Kochen des Fibrins erhielt, steht bei mir ausser Zweifel; der im Ueberschuss von Essigsäure lösliche Theil der Fällung muss zu den Letzteren gerechnet werden, da sie nach Neumeister[1]) aus neutralen Lösungen durch Gerbsäure gefällt werden und durch das Ammoniumsulfat sich nicht aussalzen lassen.

Es ist interessant, dass die Gelatinose auch eine ähnliche Beziehung zur Gerbsäure und zum Ammoniumsulfat zeigt, wir die Fleisch- und Eieralbumosen, resp. Peptone. Wenn man die Gelatinose in neutraler oder schwachsaurer Lösung mit Gerbsäure fällt, so wird bei der nachherigen Behandlung der Fällung mit Essig- oder Salzsäure ein Theil gelöst, der andere nicht. Ammoniumsulfat ist nicht im Stande, den gelösten Theil der Gelatinose zu fällen. Also wird auch die Gelatinose, wie es scheint, bei lange anhaltendem Kochen nicht nur in Gelatinose, sondern auch in Gelatine-Pepton verwandelt.

Ich will noch kurz einige andere Reagentien, die ich zur Trennung der Gelatinose von den Albumosen angewendet habe, erwähnen.

Ferrocyankalium fällt aus den mit Essigsäure angesäuerten Lösungen nur einen geringen Theil der Eier- und Fleischalbumosen; auf Gelatinose ist dieses Reagens unwirksam.

Quecksilberchlorid fällt in saurer Lösung auch unvollständig die erwähnten Albumosen; zur vollständigen Fällung muss man die freie Säure neutralisiren, aber dabei wird auch die Gelatinose gefällt.

Ebenso wirkt das Aluminiumsulfat.

Basisches und neutrales Bleiacetat trübt nur den Auszug aus dem Fleisch, Fibrin und Eiereiweiss, im Ueberschuss wird die Trübung gelöst. Die Fällung ist augenscheinlich keine vollständige und deshalb zur Trennung der Albumosen von der Gelatinose nicht anwendbar. Gegen Gelatinose sind sie beide unwirksam.

1) Lehrbuch der physiolog. Chemie, J. I, 1893, S. 189.

Digitized by Google

Die Fällung des Atmidalbumins und der Atmidalbumose nach Neumeister[1]) durch Steinsalz und Salzsäure ist zur Trennung dieser Producte von der Gelatinose auch nicht anwendbar, weil auch die Letztere bei solcher Behandlung gefällt wird. Den gleichen Misserfolg hatte mein Versuch, hier die Methode von Stutzer[2]) anzuwenden, die er zur Bestimmung des Leims in den käuflichen Fleischpeptonen vorgeschlagen hatte. Die Fällung der Gelatinose durch Alkohol in der Kälte war keine vollständige, da man im Filtrat noch immer eine gewisse Menge einer Fällung mit Gerbsäure erzeugen konnte.

Aus dieser kurzen Uebersicht folgt, dass die Versuche, mittels Reagentien die Albumosen von der Gelatinose zu trennen, infolge bedeutender Schwierigkeiten misslangen, weil die von einander zu trennenden Körper — Albumin und Gelatine — beim lange anhaltenden Kochen so stark umgewandelt werden, dass sie in Bezug auf gewisse Reagentien sich einander nähern. Meine Ergebnisse bestätigen leider die Angabe von Krukenberg: »dass es bislang noch Niemandem gelungen sei und schwerlich auch aus unseren gegenwärtigen Kenntnissen gelingen werde, eine Methode zu construiren, den Leim von Hyalogenen, Albumosen, Peptonen u. dgl. m. zu reinigen«.[3])

III.

Der letzte Weg, den ich zur Bestimmung der Menge des Leims im Fleisch benutzte, stellt im Grunde genommen eine Wiederholung der technischen Gelatinegewinnung aus den Resten des Viehschlachtens dar. Beim technischen Gelatinebetrieb werden Stücke Haut, Sehnen, Knorpel u. s. w. zuerst mit Kalkmilch zur Entfernung der Eiweissstoffe und zur Verseifung des Fettes behandelt, dann kocht man die erhaltene Mischung in einem

1) Ueber die nächste Einwirkung gespannter Wasserdämpfe auf Proteïne etc., Zeitschr. f. Biolog., Bd. 8, 1890.

2) Die Bestimmung des Leims in Fleischextract und Fleischpeptonen, Zeitschr. f. analoge Chemie, Bd. 34, 1895, S. 568—569.

3) Krukenberg, Chem. Untersuch. zur wissensch. Med., H. I. 1888, S. 174.

Digitized by Google

Kessel, füllt die dünne Gelatinelösung in einen zweiten Kessel, wo sie bis zur Syrupdichte verdichtet wird. Nachher reinigt man sie mit Alumen und anderen Stoffen, giesst sie in Formen und trocknet[1]) sie. Die so erhaltene Gelatine enthält, wie bekannt, Eiweissstoffe, und gibt mit dem Millon'schen Reagens eine sehr deutliche Reaction, die bedeutend abnimmt, wenn man die Gelatine mit kaltem Wasser, das Kochsalz enthält, gründlich auswäscht.[2]) Krukenberg[3]) behandelte sie, um aus dem Bindegewebe und Knorpel von Eiweissstoffen freie Gelatine zu erhalten, mit 5 bis 10proc. Lösung von Natronlauge, in der sämmtliche Eiweissstoffe, aber nicht das Kollagen gelöst werden.

Auf Grund dieser Angaben suchte ich längere Zeit nach einer brauchbaren Methode zur Leimbestimmung im Fleisch und kam endlich auf folgende:

Die Menge der Eiweissstoffe im Fleisch ist so viel grösser, als die der leimgebenden Stoffe, dass das zerhackte Fleisch durch Natronlauge von den Eiweissstoffen schwer unmittelbar befreit werden kann. Deshalb habe ich dieser Behandlung eine mechanische vorausgeschickt. Streifen des zu prüfenden Fleisches zerquetschte und zerrieb ich mit einem Pistill in einem Porzellanmörser (ohne jedoch viel Kraft anzuwenden) mit Wasser, das ich immer durch frisches ersetzte. Auf solche Weise kann man den grössten Theil des Muskelgewebes auswaschen, wobei die Hauptmasse des bindegewebigen Gerüstes des Muskels, als dichter weisser Filz übrig bleibt. Dieses Auswaschen der Muskelelemente aus dem Fleisch setzte ich so lange fort, bis das Waschwasser fast klar und nur durch einige abgerissene Stückchen des Bindegewebes getrübt ablief. Die gesammten Waschwasser liess ich durch ein sehr feines Drahtsieb laufen, das mir fast absolut vollständig die feinen abgerissenen Bindegewebsfetzchen zurückhielt.

1) Medicus Kurzes Lehrbuch der chem. Technologie, 1895.

2) Neumeister, Lehrbuch der physiolog. Chem., J. I, 1893.

3) Krukenberg, Chondrin und Chondroitsäure. Sitzungsber. der Würzburg. phys.-med. Gesellsch., 1884, S. 21; die chemischen Bestandtheile des Knorpels. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 20, 1884, und Chem. Unters. zur wissenschaftl. Med., H., I. 1888, S. 174.

Digitized by Google

Mit dem Rückstand auf dem Sieb wurde das Zerreiben und Waschen theils auf dem Sieb, theils im Mörser nochmals wiederholt, bis er vorwiegend nur aus Bindegewebsfasern bestand und die Hauptmenge der Muskelfasern entfernt war.[1]) Jetzt wurden diese feinen Bindegewebstheile mit dem gröberen Muskelskelett, das von Anfang an gut ausgewaschen war, vereinigt.

Mittels dieses Handgriffs kann man, wie ich glaube, aus dem Muskel fast das ganze in ihm enthaltene Bindegewebe gewinnen und den grössten Theil der Muskelelemente auswaschen. Die mikroskopische Untersuchung des trüben Waschwassers und des Niederschlages, der sich in ihm zu Boden setzt, zeigt, dass die Muskelfasern zum allergrössten Theil zerzupft und zerbröckelt sind bis zur Trennung der primitiven Muskelelemente; nur in geringer Menge kann man unter ihnen feine abgerissene Stückchen der bindegewebigen Faser finden.

Nachdem ich so das bindegewebige Gerüst vom Muskel mechanisch möglichst getrennt hatte, behandelte ich es mit einer 5proc. Lösung von Aetznatron, wobei ich, um die Durchtränkung des Gewebes mit Natron zu beschleunigen, es zunächst in dieser Lösung leicht mit einer Keule im Mörser rieb, und sodann einige Stunden in derselben Lösung liegen liess. Nach 15 Stunden ergab die mikroskopische Untersuchung des auf solche Weise behandelten Bindegewebes schon nichts mehr von Muskelelementen; die bindegewebigen Fasern sind gequollen und die elastischen Fasern treten durch ihre scharfen Umrisse und ihren Glanz deutlich hervor. In dem Präparat befindet sich ausserdem eine je nach der Eigenschaft des Fleisches grössere oder geringere Menge formloser Reste von verseiftem Fett.

Die Lauge löst die Eiweissstoffe, daneben verseift sie die Fette und extrahirt aus dem Bindegewebe den grössten Theil des Mucins, das leicht erkennbar wird, wenn man zur abfiltrirten alkalischen Flüssigkeit Essigsäure im Ueberschuss hinzusetzt. Die in ihm enthaltenen Eiweissstoffe werden dabei wieder gelöst und das Mucin in Form von Flocken gefällt.

1) Das Fleisch, das wenig Bindegewebe enthält, wie Filet, kann von den Muskelelementen hauptsächlich auf solche Weise ausgewaschen werden.

Digitized by Google

Nach 15 bis 16 Stunden filtrirte ich das gequollene Bindegewebe durch eine gelochte Porzellanschale, die mit einer dünnen Schicht gereinigter Watte überzogen wurde, ab. Die Filtration geht leicht, wenn man zuerst die überstehende Flüssigkeit durchlässt und wenn man mit einer Guttaperchaspitze eines Glasstäbchens die Oberfläche des Filters vorsichtig von dem Niederschlage reinigt. Endlich wird die ganze abfiltrirte Masse mit destillirtem Wasser gewaschen, bis die Waschflüssigkeit zu opalesciren aufhört. Nachher sammelte ich die ganze abfiltrirte Masse zusammen mit der Watte in einen Kolben, fügte zu ihr eine geringe Menge einer schwachen (gegen $^1/_2$%) Lösung Natronlauge hinzu und erwärmte die Mischung bis zum schwachen Sieden, das ich innerhalb 5 bis 10 Minuten unterhielt. Das Kollagen, das übrig gebliebene Mucin und die verseiften Fette traten leicht in Lösung über, nur die elastischen Fasern blieben unaufgelöst. Die erhaltene Lösung filtrirte ich sofort, wusch das Filter mit heissem Wasser und notirte die Menge des Filtrats. Das Filtrat ist gewöhnlich ein wenig getrübt; bei Neutralisation mit Essigsäure wird die Trübung vergrössert, weil die freien Fettsäuren dabei gefällt werden. Es färbt sich nicht mit dem Millon'schen Reagens, wenn die Eiweissstoffe wirklich entfernt wurden. Ferner kann in ihm noch eine geringe Menge Mucin enthalten sein, das leicht zu trennen ist, wenn man Essigsäure im Ueberschuss hinzusetzt und die nach einiger Zeit gebildete Fällung abfiltrirt, wobei im Filter auch Fettsäuren zurückbleiben. Die Menge des Leims im Filtrat ermittelte ich durch die Stickstoffbestimmung von Kjeldahl durch directe Destillation des Ammoniaks ohne Kühlvorrichtung in $^1/_5$ normaler Schwefelsäure, wie es im hygienischen Institut in Würzburg stets angewendet wird. Wie ich mehrmals mich zu überzeugen Gelegenheit hatte, fällt es bei dieser Methode leicht, die Stickstoffbestimmung genau auszuführen. Zur genaueren Bestimmung des Leims im Filtrat ist es zweckmässiger, die Stickstoffbestimmung statt in einem aliquoten Theil des Filtrats in der ganzen erhaltenen Menge zu machen, indem man es zunächst im Wasserbad eindickt. Es darf die Menge des Fleisches,

Digitized by Google

um den Leim in ihm zu bestimmen, nicht zu gering sein; andererseits ist oft schwierig eine grosse Menge mit einem annähernd gleichen Gehalt an Bindegeweben zu wählen. Ich nahm 20 bis 30 g Fleisch, das an Bindegeweben reich ist, wie z. B. das Fleisch der Wadenmuskeln, und 50 g Fleisch, das an Bindegeweben arm ist, wie z. B. Filet.

Die auf die obenerwähnte Weise gemachten Analysen betreffen drei verschiedene Typen von Rindfleisch. Von jedem Typus wurden zum Vergleich je zwei Proben von womöglich gleicher Qualität genommen, d. h. mit dem nach dem Augenmaass gleichen Gehalt an Bindegeweben. Die Vertheilung des Bindegewebes im Muskel ist so ungleich, dass es unmöglich ist, vollständig gleiche Proben zu wählen.

I. Rindfleisch (M. Glutaeus).

1. Probe: 20 g Fleisch.	2. Probe: 25,4 g Fleisch.
Maceration im Aetznatron während 5 Stunden. Eine geringe Färbung der Filtrats mit dem Millon'schen Reagens.	Das gleiche.
Die Menge des Leims = 0,0893 g; 0,44 %.	Die Menge des Leims = 0,1230 g; 0,48 %.

II. Rindfleisch (Wadenmuskeln).

1. Probe: 23,9 g Fleisch.	2. Probe: 26,3 g Fleisch.
Maceration im Aetznatron während 15 Stunden.	Das Gleiche.
Das Filtrat wird durch das Millon'sche Reagens nicht gefärbt.	Eine sehr gering. Färbung d. Flocken durch das Millon'sche Reagens.
Die Menge des Leims = 0,1279 g; 0,53 %	Die Menge des Leims = 0,1624 g; 0,61 %.

In dieser Probe ist auch die Menge des Elastins, das im Filter zurückgeblieben war, bestimmt worden, das gleich war 0,0108 g (0,04 % Fleisch).

III. Rindfleisch (Filet).

1. Probe: 38,5 g Fleisch.	2. Probe: 50 g Fleisch.
Maceration im Aetznatron innerhalb 16 Std. Das Filtrat wird mit dem Millon'schen Reagens nicht gefärbt.	Das Gleiche.
Die Menge des Leims = 0,0812 g; 0,21 %.	Die Menge des Leims = 0,0957 g; 0,19 %.

Digitized by Google

Die geringe Zahl von Analysen des Fleisches, die ich gemacht habe, berechtigt mich nicht, die hier vorgeschlagene Methode der Bestimmung der Menge des Leims im Fleisch schon als ganz abgeschlossen zu betrachten. Dennoch erscheint sie mir schon jetzt hinreichend genau und einfach, um praktisch verwendbar zu sein. Wenn man die obige Analyse des Fleisches des Gesässmuskels (M. Glutaeus) mit meinem 1. Versuch (S. 336) der Bestimmung des Leims im Fleisch desselben Muskels nach der anfangs angewendeten Methode (Auszug des Leims durch Auskochen des Fleisches) vergleicht, so erweist sich, dass die Resultate der letzteren Methode sowohl unter einander, als auch mit den Ergebnissen der Analyse, die nach der vorgeschlagenen Methode ausgeführt wurden, durchaus nicht übereinstimmen. Zwei Proben des erwähnten Versuches gaben Zahlen, die von einander um 0,22% sich unterscheiden und dabei einen sehr bedeutenden Gehalt an Leim im Fleisch zeigen, der sicher nur davon abhing, dass in der Zusammensetzung des Formalinrestes eine erhebliche Menge von Eiweissstoffen enthalten war.

Als weiteren Beweis, dass meine Resultate der Wahrheit mindestens sehr nahe kommen, führe ich noch an, dass nach meinen Analysen der Leimgehalt des Glutaeus und Wadenmuskels zwei- bis dreimal so gross war wie der des Filet. Hiermit stimmt recht gut, dass das Verhältnis der Zähigkeit von Hautmuskel und Filet von Lehmann[1]) auch etwa wie 1 : 2,7 gefunden wurde, und dass es nach Lehmann der verschiedene Bindegewebsgehalt in erster Linie ist, der die verschiedene Zähigkeit des Fleisches bestimmt.

Die Methode wird im hygienischen Institut in Würzburg baldmöglichst in grösserem Maassstab angewendet und wenn möglich weiter verbessert werden.

1) K. B. Lehmann a. a. O.

Digitized by Google

ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. E. CRAMER, Heidelberg; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. J. v. FODOR, Budapest; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Oberstabsarzt Dr. A. SCHUSTER, München.

HERAUSGEGEBEN

VON

H. BUCHNER, J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O.Ö PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

MÜNCHEN STRASSBURG WIEN LEIPZIG BERLIN.

FÜNFUNDDREISSIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND LEIPZIG.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1899.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Ueber den Einfluss des Nährstoffgehaltes von Nährböden auf die Raschheit der Sporenbildung und die Zahl und Resistenz der gebildeten Sporen. Von Dr. Philopimin Stephanidis aus Trapezunt. (Aus dem hygienischen Institut zu Würzburg) 1

Notiz über den Bacillus mycoides. Von Prof. Dr. K. B. Lehmann. (Aus dem hygienischen Institut in Würzburg) 10

Beiträge zur Kenntnis der Ursachen des Rothwerdens des Fleisches beim Kochen, nebst einigen Versuchen über die Wirkung der schwefligen Säure auf die Fleischfarbe. Von Dr. Karl Kisskalt aus Würzburg. (Aus dem hygienischen Institut in Würzburg) . . 11

Zur Kenntnis der Abwässer von Zuckerfabriken. Von Ferdinand Hueppe 19

Ueber die Einwirkung von Kochsalz auf Bacterien, die bei den sogen. Fleischvergiftungen eine Rolle spielen. Von Eduard Stadler, appr. Arzt aus Bremen. (Aus dem Institut für Hygiene und Bacteriologie an der Universität Strassburg) 40

Die Veränderungen des Spreewassers auf seinem Laufe durch Berlin in bacteriologischer und chemischer Hinsicht. Von Marinestabsarzt Dr. H. Dirksen und Dr. Oskar Spitta, Assistenten am Institute. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.) [Mit einer Karte. Tafel I] 83

Weitere Untersuchungen über die bacterienfeindlichen Stoffe der Leukocyten. Von Privatdocent Dr. A. Schattenfroh, Assistent am Institute. (Aus dem hygienischen Institute der Universität Wien) 135

Ueber die Ausscheidung von Mikroorganismen durch die thätige Milchdrüse. Von Dr. K. Basch und Dr. F. Weleminsky. (Aus Prof. Hueppe's hygienischem Institut an der deutschen Universität in Prag) 205

Doppelte Sandfiltration für centrale Wasserversorgung. Von Eugen Götze, Oberingenieur des Wasserwerks Bremen 227

Digitized by Google

Seite

Ueber die Bacterien in besprengtem und nichtbesprengtem Strassenstaub. Von Dr. Teïsi Mazuschita. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Freiburg i. B.) 252

Untersuchungen über die Beeinflussung der Serumalexine durch Bacterien. Von Dr. Oskar Bail, Assistenten des Institutes. (Aus dem hygienischen Institute der deutschen Universität in Prag. Vorstand: Prof. Hueppe) 284

Zur Biologie der Milzbrandbacillen. Von Dr. Richard Weil, Apotheker. (Aus dem Institute für Hygiene und Bacteriologie an der Universität Strassburg i. E.) 355

Ueber den Einfluss des Nährstoffgehaltes von Nährböden auf die Raschheit der Sporenbildung und die Zahl und Resistenz der gebildeten Sporen.

Von

Dr. **Philopimin Stephanidis,**
aus Trapezunt.

(Aus dem hygienischen Institut zu Würzburg.)

Im Würzburger hygienischen Institut hat 1890 Osborne unter Leitung von Herrn Professor K. B. Lehmann (Arch. f. Hyg., XI, 51) bewiesen, dass:

1. die absolute Grösse der Sporenernte bei gleicher Aussaat auf Nährböden von geringem Fleischextractgehalt geringer ist als auf solchen von normalem Gehalt;
2. auf erschöpften Nährböden die absolute Sporenernte ebenfalls geringer ist als auf guten;
3. dass — hierüber sind allerdings nur einige gelegentliche Beobachtungen und keine Zahlen mitgetheilt — in den spärlich gewachsenen Fäden der schlechten Nährböden die Sporen weniger dicht gelegen haben als in den üppig gewachsenen Fäden der guten Nährböden — und dass also von einer Begünstigung der Sporenbildung durch Nährböden, deren Erschöpfung früher eintritt, keine Rede sein kann.

Nimmt man das Wort Begünstigung in dem Sinne, wie es Osborne gemeint, d. h. dass die absolute Menge und wohl auch die relative Dichtigkeit der Sporen auf guten Nährböden grösser ist als auf schlechten, so ist gegen Osborne's Ausspruch nichts

Digitized by Google

einzuwenden, denn er hat 1 und 2 streng bewiesen und 3 wenigstens wahrscheinlich gemacht.

Die Hauptresultate der Arbeit wurden von Herrn Professor Lehmann in der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg kurz mitgetheilt, und von demselben die Versuche in Gegensatz zu einer Ansicht von Buchner gebracht, welche nach Lehmann darin bestehen sollte, »dass eine gewisse Erschöpfung des Nährbodens bedingend oder wenigstens begünstigend für die Sporenbildung sei.«

In einer Erwiderung wies Buchner[1]) darauf hin, dass Lehmann (was in der That der Fall war) den einzigen Satz, in dem er seine Ansicht ausgesprochen hatte, nicht im Wortlaut gekannt haben könne. Derselbe lautet: »Die physiologische Ursache der Sporenbildung liegt in dem eintretenden Mangel an Ernährungsmaterial.« Diesen Satz, gegen den Lehmann nirgends aufgetreten war, stützte Buchner durch drei Versuche.

Erstens stellte er fest, dass die Sporenbildung ausblieb, wenn man in einem Schälchen mit 2 ccm Bouillon dieselbe um die üppig wachsenden Bacillen häufig erneute, dass sie aber bald eintrat, wenn man die gleichen Bacillen in einem Tropfen Bouillon züchtete.

Zweitens zeigte er, dass in sterilisirtes Wasser gebrachte Milzbrandfäden weiter Sporen bilden, während dieselben in angefaulter Fleischflüssigkeit es nicht thun und drittens, dass in 1 proc. Fleischextractlösung nach 18 Stunden bei 36,5° noch keine Sporen gebildet waren, während in 0,2 proc. Lösung Sporenbildung eingetreten war. Er schloss aus diesen Versuchen, dass in verdünnten Lösungen rascher Sporenbildung eintrete.

Ausserdem meint Buchner in dieser Arbeit, es sei wichtig, wie sich die Intensität der Sporenbildung auf verschiedenen Nährböden verhielte, resp. wie sich die Zahl der Sporen zur Zahl der Stäbchen stelle.

Da ausser Buchner's angeführten wenigen Versuchen über den zeitlichen Verlauf der Sporenbildung auf verschiedenen

1) Centralbl. f. Bact., VIII, 1.

Nährböden[1]) nichts Näheres bekannt geworden ist, und es lohnend erschien, die gelegentlichen Resultate Osborne's über die relative Intensität der Sporenbildung weiter zu verfolgen, so veranlasste mich Herr Professor Lehmann, folgende zwei Fragen gleichzeitig zu untersuchen:

1. Wie verhält sich die Raschheit und die Dichtigkeit (Intensität) der Sporenbildung auf Nährböden verschiedenen Gehaltes an Nährstoffen?
2. Wie ist unter diesen Umständen die Qualität d. h. Resistenz der Sporen gegen Schädlichkeit?

I. Ueber die Raschheit und Dichtigkeit der Sporenbildung auf verschieden reichen Nährböden.

Es sollte die Bildung der Milzbrandsporen beobachtet werden auf Nährböden mit wechselndem Gehalt an Nährsubstanz; ich benützte dazu Agarnährböden von verschiedenem Gehalt an Fleischextract, ähnlich wie Osborne, und zwar verwendete ich Wasseragar mit 1 bis $^1/_{50}$% Fleischextract. Auf all' diesen Nährböden habe ich stets Wachsthum beobachtet, auf den concentrirteren Böden war das Wachsthum wesentlich üppiger als auf den verdünnten, bei der Concentration $^1/_{50}$ nur sehr zart dentritisch. Die Impfung geschah stets in ca 4 Strichen. Die Temperatur war 37°. Niemals blieb auf einem der Nährböden die Sporenbildung aus. Die Resultate stellte ich, um übersichtlich zu sein, in 3 Tabellen zusammen, die sich nur dadurch unterscheiden, dass sie über Versuche mit verschiedenem Fleischextractgehalt berichten. Im übrigen ergänzen sich die Versuche der 3 Tabellen.

1) Vgl. auch die Arbeit von Oswald-Schreiber. Derselbe bringt über die Intensität der Sporenbildung keine Versuche, dagegen hat derselbe in einer grossen Reihe an die Versuchsanordnung von Buchner sich anschliessender Experimente in vollem Einklang mit Buchner die enorme Beschleunigung der Sporenbildung nachgewiesen durch plötzliche Versetzung älterer, ja sogar ganz junger gut ernährter Milzbrandfäden in Wasser oder Salzlösungen. Er schliesst, dass ein Mittel um so rascher Sporenbildung hervorrufe, je rascher es das Wachsthum hemmt, ohne sonst zu schaden. Cent. f. Bact., Bd. XX.

Digitized by Google

Die Tabellen geben an:

1. Nach welcher Zeit reife resp. halbreife Sporen beobachtet wurden. Selbstverständlich hat die Sporenbildung in einzelnen Fällen wohl schon etwas früher stattgefunden als sie beobachtet wurde.
2. Unter der Rubrik »Dichtigkeit« wie viel Sporen auf eine Fadenstrecke von unter Anwendung von Leiz $^1/_{12}$ Immersion im ungefärbten Präparat gezählt werden konnten. Es wurden jedesmal etwa 10 bis 20 Strecken sorgfältig gezählt und zwar Strecken, die den Eindruck machten, als ob die Sporulation hier der durchschnittlichen Sporendichtigkeit des Präparats etwa entspreche. Fäden (z. B. aus den Randparthien), die keine Sporen enthielten, wurden nie zur Verwendung der Durchschnittswerthe herangezogen. Wir verhehlen uns nicht, dass die Methode nicht frei von Willkürlichkeiten ist, nichtsdestoweniger dürften die mit möglichster Ojectivität gewonnenen zahlreichen Resultate doch einen sicheren Schluss gestatten.

Tabelle 1

Versuch	In Stunden	$^1/_2$ % Fleischextract		$^1/_5$ % Fleischextract		$^1/_{10}$ % Fleischextract		$^1/_{20}$ % Fleischextract	
		Qualität	Dichtigkeit	Qualität	Dichtigkeit	Qualität	Dichtigkeit	Qualität	Dichtigkeit
I	15	halbreife Sp.	—	reife Sp.	32	reife Sp.	—	reife Sp.	27
	35	reife Sp.	80	reife Sp.	70	reife Sp.	60	reife Sp.	50
II	16	halbreife Sp.	40	reife Sp.	25	reife Sp.	22	—	—
	36	reife Sp.	45	reife Sp.	30	reife Sp.	31	—	—
III	16	unreife Sp.	—	halbreife Sp.	—	reife Sp.	40	reife Sp.	30
IV	15	halbreife Sp.	—	reife Sp.	—	—	—	—	—
	35	reife Sp.	—	reife Sp. u. freilieg. Sp.	—	—	—	—	—
V	20	reife Sp.	48	reife Sp.	30	—	—	—	—
VI	17	halbreife Sp.	34	-	—	—	—	reife Sp.	25

Versuch	In Stunden	½ % Fleischextract		⅕ % Fleischextract		1/10 % Fleischextract		1/50 % Fleischextract	
		Qualität	Dichtigkeit	Qualität	Dichtigkeit	Qualität	Dichtigkeit	Qualität	Dichtigkeit
VI	41	freilieg. Sp. u. Fäden	—	—	—	—	—	nur freilieg. Sp.	—
VII	15	halbreife Sp.	—	reife Sp.	20	—	—	—	—
VIII	15	halbreife Sp.	—	—	—	reife Sp.	25	reife Sp.	20
IX	20	reife Sp.	45	—	—		—	reife Sp. u. freilieg.	25
X	14	unreife Sp.	—	halbreife Sp.	25	reife Sp.	25	—	—
	32	reife Sp.	45	—	—	—	—	—	—
XII	14	—	—	halbreife Sp.	—	reife Sp.	—	—	—

Tabelle II.

Versuch	In Stunden	1 % Fleischextract		1/10 % Fleischextract	
		Qualität	Dichtigkeit	Qualität	Dichtigkeit
XIII	15	unreife Sp.	—	reife Sp.	—
XIV	16	halbreife Sp.	25	reife Sp.	15
XV	47	reife Sp.	48	reife u. freilieg. Sp.	30
XVI	15	halbreife Sp.	30	reife Sp.	20
XVII	15	halbreife Sp.	—	reife Sp.	22
XVIII	14	halbreife Sp.	—	reife Sp.	—
	38	reife Sp.	50	meistens freilieg. Sp.	—
XIX	14	unreife Sp.	—	reife Sp.	25

Tabelle III.

XX. Versuch	5 % Fleischextract	1 %	½ %	⅕ %	1/20 %	1/40 %	1/100 %	1/500 %	0 %
In 15 Stunden	keine Sp.	unreife Sp.	halbreife Sp.	reife Sp.	reife Sp.	prachtvolle reife Sp	reife Sp.	Prostadien (Punkte)	Fädenbildung
In 35 Stunden	Sporenbildung	—	—	—	—	—	freilieg. Sp.	—	—

Ergebnisse der Versuche.

Aus den Tabellen leiten sich folgende Sätze ab:

1. Je besser der Nährboden, um so rascher ceteris paribus die Sporenbildung. Dieses Ergebnis stimmt vollkommen mit Buchner's Anschauungen. Bei $^1/_{50}$ und $^1/_{10}$ waren die Sporen nach 14 Stunden reif (früher wurde nicht untersucht, auf $^1/_5$ sind nach 15 Stunden mehrfach reife Sporen beobachtet, auf $^1/_2$ nie nach 16 Stunden, nicht vor 20 Stunden; allerdings habe ich keine Beobachtungen zwischen 17 und 20 Stunden, überhaupt genügen meine Beobachtungen noch nicht völlig zur Feststellung der Grösse der Differenz.
2. Die Dichtigkeit oder Intensität der Sporenbildung ist auf den guten Nährböden eine grössere als auf den schlechten. Sehr beträchtlich ist die Differenz nicht; immerhin liefern, wie zu erwarten, die kräftigen Fäden, die auf dem reichen Nährboden erwachsen sind, die reichere Ernte. Diese Beobachtung stimmt mit den gelegentlichen Beobachtungen von Osborne. (a. a. O.)

Während ich alle die citirten Versuche mit Aussaat von Sporenmaterial machte, das ich 10 bis 15 Minuten auf 75° erhitzte, habe ich durch eine zufällige Beobachtung veranlasst, auch einige Versuche mit Aussaat sporenfreier Fäden angestellt. Das Resultat war Sporenbildung bei 37° bei $^1/_{10}$ Agar in 8 Stunden d. h. ca. 6 Stunden früher als bei Aussaat von Sporen.

Aus der Arbeit von Schreiber geht hervor, dass auch dieser Autor beobachtet hat, dass die Sporen zur Keimung etwa 4 Stunden brauchen bis sie zu Fäden auswachsen. Es stimmt dieses Ergebnis recht gut zu meinem Befund.

II. Die Resistenz der Sporen, welche auf verschieden reichen Nährböden gebildet sind.

Die Thatsache, dass die Sporen auf schlechten Nährböden schneller als auf guten erwachsen, dass sie aber in Dichtigkeit zurückstehen, legt uns die Frage nahe: sind vielleicht die erwähnten Sporen in ihren biologischen Eigenschaften verschieden?

Digitized by Google

Um dieselben hierauf zu untersuchen, schien es mir angezeigt, ganz speciell die Resistenz gegen Hitze in's Auge zu fassen.

Ich arbeitete — unter Umgehung aller Anstrocknungsmethoden — auf Vorschlag von Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann ausschliesslich mit wässrigen Sporenemulsionen, die ich mir durch langes Schütteln einer oder zweier Oesen des Culturrasens von einer 48 stündigen Cultur in 10 ccm Wasser verschaffte. Durch 15 Minuten langes Erwärmen der so hergestellten Emulsion auf 70° befreite ich sie von Fäden und ganz unreifen Sporen.

Es wurde stets verglichen die Resistenz der Sporen von zwei gleichzeitig angelegten, mit dem gleichen Material geimpften, neben einander im Brutschrank von 37° aufbewahrten Culturen, zu denen einmal 1% Agar, einmal $^1/_{10}$ proc. Agar gedient hatte.

Die so erhaltenen Emulsionen waren natürlich nicht jedesmal von gleichem Sporengehalt, was nichts schadete, da es sich ja nur um die procentische Verminderung der Sporen durch das Erhitzen handelte.

Von jedem Stammröhrchen mit Sporenemulsion gab ich in je 5 Röhrchen, welche je 4 ccm sterilisirtes Wasser enthielten, 1 ccm. Von der verdünnten Emulsion wurden dann Zählplatten mit je 1 ccm und $^1/_2$ ccm gegossen. Es wurden dabei stets für jede neue Emulsion eine neue Pipette verwendet. Um das Abpipettiren der Sporenemulsionen gefahrlos vorzunehmen, schaltete ich zwischen Pipette und Saugschlauch eine mit conc. Schwefelsäure gefüllte Wulff'sche Flasche ein. Besondere Sorgfalt wurde darauf verwendet, die Emulsionen während des Abpipettirens stets zu schütteln, um eine gleichmässige Vertheilung der Keime zu bekommen.

Von den 5 Röhrchen mit verdünnter Sporenemulsion, die ich von jeder der beiden Sporenarten erhielt, liess ich eines unerwärmt (kalte Probe), die vier anderen stellte ich in den kochenden Dampftopf für 4, 7, 12 und 17 Minuten. Wie mir besondere Versuche zeigten, dauert es zwei Minuten, bis 5 ccm Wasser in

Digitized by Google

einem Reagenzglas in unserem Dampftopf die Maximaltemperatur von 99° erreichen, es waren also die Proben: 2, 5, 10, 15 Minuten auf die Siedetemperatur des Wassers in Würzburg erhitzt. Versuche, im Wasserbad oder Paraffinbad das Erhitzen vorzunehmen, scheiterten an dem starken Verdampfen des Wassers aus dem Röhrchen.

Sowie die Röhrchen die beabsichtigte Zeit erhitzt waren, wurden sie in kaltem Wasser abgekühlt und unmittelbar darauf zu Platten verwendet. Die Platten wurden nach 15 Stunden Wachsthum bei Bruttemperatur mit der Lupe gezählt, eine nennenswerthe Zunahme der Colonien fand dann nicht mehr statt.

Die Resultate der vielfachen Versuche gebe ich wieder in Form einer kurzen Tabelle; die eingesetzten Zahlen sind je Mittelzahlen aus den Versuchen mit $^1/_2$ ccm und 1 ccm.

(Tabelle IV und V siehe Seite 9.)

Als Resultat meiner Tabellen kann ich nur angeben:

Auf $^1/_{10}$ und $^1/_1$ Agarnährböden werden Sporen gebildet, deren Resistenz gegen Hitze nicht wesentlich verschieden ist. Bald sind die Sporen auf dem einen, bald auf dem anderen Nährboden etwas resistenter. Dagegen bestehen von Versuch zu Versuch grosse, zur Zeit noch nicht aufgeklärte Resistenzverschiedenheiten, stets aber waren auf beiden Nährböden die Sporen entweder auffallend gut oder auffallend wenig resistent. Den interessanten Ursachen dieser Differenzen wird durch besondere Untersuchungen nachzuspüren sein.

Meine Resultate fasse ich in dem Satze zusammen: Die Raschheit der Sporenbildung ist auf schlechteren Nährböden, auf denen das Wachsthum kümmerlich ist, eine grössere. Die Sporen liegen aber auf den guten Nährböden dichter, gute Ernährung der Fäden begünstigt also nicht nur die absolute, sondern auch die relative Sporenernte. Die Qualität der auf den guten und schlechten Nährböden gebildeten Sporen ist nicht wesentlich verschieden.

Digitized by Google

Tabelle IV.

Erhitzungsdauer	I. Versuch				II. Versuch				III. Versuch				IV. Versuch				V. Versuch			
	1 %		1/10 %		1 %		1/10 %		1 %		1/10 %		1 %		1/10 %		1 %		1/10 %	
	1 ccm	2×1/2 ccm	1 ccm	2×1/2 ccm	1 ccm	2×1/2 ccm	1 ccm	2×1/2 ccm	1 ccm	2×1/2 ccm	1 ccm	2×1/2 ccm	1 ccm	2×1/2 ccm	1 ccm	2×1/2 ccm	1 ccm	2×1/2 ccm	1 ccm	2×1/2 ccm
kalt	4536	5418	2672	3232	9840	12 370	24 680	35 200	8568	10 450	6005	9072	3150	3906	2835	3110	18 306	14 122	21 654	28 590
2′	51	52	72	64	325	404	573	664	0	0	0	0	0	0	0	0	408	580	604	464
5′	26	82	85	94	516	440	268	376	0	0	0	0								
10′	21	28	11	16	317	440	315	314	0	0	0	0	0	0	0	0	42	14	35	54
15′	11	16	20	18	283	206	126	202	0	0	0	0								

Erhitzungsdauer	VI. Versuch		VII. Versuch		VIII. Versuch		IX. Versuch		X. Versuch		XI. Versuch	
	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %
	1 ccm		1 ccm		1 ccm		1 ccm		1 ccm		1 ccm	
kalt	18 960	24 570	16 065	38 288	5 425	9 002	11 035	7 305	17 060	9 513	1 835	2 087
2′	9 090	14 111	7 560	22 428	605	503	206	261				
10′	9	2	48	8	45	32	88	55	3 150	1 250	630	1 820

Tabelle V.

Von 1000 Sporen der kalten Platten blieben erhalten Keime:

Erhitzungsdauer	Im I. Versuch		Im II. Vers.		Im III. Vers.		Im IV. Vers.		Im V. Vers.		Im VI. Vers.		Im VII. Vers.		Im VIII. Vers.		Im IX. Vers.		Im X. Vers.		Im XI. Vers.	
	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %	1 %	1/10 %
Bei 2′	10	21	17	10	0	0	0	0	30	12	480	564	450	700	120	55	19	38				
» 5′	11	30	32	5	0	0																
» 10′	5	4	17	5	0	0	0	0	2	3	0,5	0	3	0,2	9	3	8	8	185	140	341	310
15′	2,5	7	11	3	0	0																

Digitized by Google

Zum Schlusse spreche ich Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann für die Ueberlassung des Themas und seine fortgesetzte Unterstützung mit Rath und That bei der Durchführung derselben meinen Dank aus, auch Herrn Assistenten Dr. Appel, der mich bei der Ausführung der einzelnen Versuche vielfach unterstützte und controlirte, bin ich zu Dank verpflichtet.

Notiz über den Bacillus mycoides.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann.**

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Die auf Seite 199 des Bandes XXXIV dieses Archivs von mir gemachte kurze Mittheilung kann ich heute dahin ergänzen, dass neuerdings von Herrn Dr. Neumann und mir isolirte Stämme des Bacillus mycoides deutliche Eigenbewegung wenigstens einiger Individuen zeigen. Weitere Untersuchung bleibt vorbehalten.

Digitized by Google

Beiträge zur Kenntnis der Ursachen des Rothwerdens des Fleisches beim Kochen, nebst einigen Versuchen über die Wirkung der schwefligen Säure auf die Fleischfarbe.

Von

Dr. **Karl Kisskalt**

aus Würzburg.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

I. Ueber das Rothwerden des Fleisches beim Kochen.

Während für gewöhnlich der rothe Farbstoff des Fleisches beim Kochen zerstört wird, lehrt die Erfahrung im Haushalt, dass dies unter gewissen Bedingungen nicht der Fall ist, sondern dass das Fleisch manchmal nach längerem Kochen roth bleibt, resp. eine ganz eigenthümliche, vom Blutroth verschiedene carminrothe Farbe annimmt.

Ich habe mich im Folgenden auf Anregung und unter fortwährender Unterstützung mit Rath und That von Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann mit den Ursachen dieser Erscheinung beschäftigt und hoffe dieselbe jetzt befriedigend erklären zu können.

Eingezogene Erkundigungen — ich war in der glücklichen Lage, einige Versuche in einer grossen Hotelküche vornehmen und einige daselbst früher gemachte Erfahrungen benützen zu können — ergaben, dass nach der gewöhnlichen Meinung das Fleisch beim Kochen roth werden soll:

Digitized by Google

1. Wenn es in alter Bouillon gekocht wird;
2. wenn es etwa 8 Tage lang direct oder in ein Tuch gehüllt, das nicht oft genug gewechselt wurde, auf Eis gelegen hatte[1]).

Zur Controle dieser Angabe führte ich folgendes Experiment aus:

Versuch I.

Ein Stück Fleisch von der Ochsenlende, etwa $^1/_4$ Pfund, das ungefähr 8 Tage im städtischen Kühlhaus und 2 Tage im Eisschrank aufbewahrt worden war, wurde zur Hälfte in kochende Fleischbrühe vom Tage vorher, zur anderen Hälfte in kochendes Salzwasser mit etwas Suppenwurzeln gelegt. Die Fleischbrühe war am Tage vorher aus Fleisch (25 Pfund Fleisch auf 30 l Wasser) mit Zusatz von Suppenwurzeln — Fleischbrühe mit Suppenwurzeln verdirbt leichter als ohne Suppenwurzeln — gewonnen worden und war am Tage in der Küche in einer Entfernung von 2 m vom Herde, in der Nacht in der Speisekammer (Temperatur 12°) mit einem Ueberzug von Fett in einem emaillirten, eisernen Topf aufbewahrt worden. Geruch, Geschmack, Aussehen waren normal. Nach 10 bis 15 Minut. hatte das Fleisch in der Fleischbrühe eine fast carminrothe Farbe angenommen; diese reichte bis einige Millimeter unter die Oberfläche; auch die Sehnen waren röthlich gefärbt. Die andere Hälfte des Fleisches, die in Salzwasser gekocht wurde, war, wie normal, grau geworden.

Versuch II.

Zur Controle wurde derselbe Versuch am nächsten Tage nochmals ausgeführt und zwar wurden diesmal genommen:

1. Wie vorher Fleischbrühe vom vorigen Morgen, die am Tage in der Nähe des Herdes, in der Nacht in der Speisekammer aufbewahrt worden war;
2. Fleischbrühe vom Abend vorher, die die ganze Nacht im Eisschrank gestanden war;
3. Salzwasser.

Zu jedem Versuche wurden Rindfleisch und Kalbfleisch genommen, die sich in allem völlig gleich verhielten.

Es wurde nun, wie vorher, das in 2 und in 3 gekochte Fleisch hellgrau, das in 1 gekochte schön roth, allerdings nicht so intensiv wie beim 1. Versuch. Ueberhaupt scheint es von

1) Ich bemerke hier, dass ich diesen Versuch zweimal nachgemacht habe — ohne Erfolg. Nach Abschluss der Arbeit wird es wahrscheinlich, dass er nur mit Eis gelingt, das präformirte N_2O_3 oder reducirbare N_2O_5 enthält: Das hiesige Maineis, mit dem der Versuch gemacht wurde, ist aber nitratfrei, und das Fehlschlagen des Versuchs wohl dadurch zu erklären.

Digitized by Google

verschiedenen Umständen abzuhängen, ob eine Fleischbrühe roth färben wird: so gab z. B. oft Fleischbrühe am nächsten Morgen keine Rothfärbung und ebensowenig nach einigen Tagen; oder sie gab am nächsten Tage nur schwache Rothfärbung, nach zwei weiteren Tagen keine stärkere; wieder andere gab nach zwei Tagen noch keine, nach weiteren zwei Tagen sehr schöne Rothfärbung.

Am meisten scheint die Temperatur von Einfluss zu sein: je wärmer die Tage und infolgedessen die Nächte waren, desto stärkere Rothfärbung trat im allgemeinen beim Kochen auf.

Es wurde nun zunächst vermuthet, dass die Ursache der Rothfärbung auf den Säuregehalt der Fleischbrühe beruhe, der beim Stehenlassen derselben sicher zugenommen haben musste. Deshalb wurden folgende Versuche gemacht:

Versuch III.

Zuerst wurde Bouillon, die allein nicht roth färbte, mit Säuren versetzt und zwar wurden zu diesem Zwecke Schwefelsäure, Milchsäure und salpetrige Säure gewählt. Beim Kochen damit wurde das Fleisch deutlich roth und zwar so stark wie mit wirksamer Bouillon: doch war nicht deutlich zu unterscheiden, welches Fleisch am stärksten gefärbt worden war, offenbar, weil die Menge der Säure zu gering gewählt worden war.

Hierauf wurde das Fleisch in verdünnten Säuren allein gekocht und wurde zu diesem Zweck wieder Schwefelsäure, Milchsäure und salpetrige Säure gewählt.

Versuch IV.

Die Versuche mit Schwefelsäure allein ergaben folgendes Resultat:

5 Min. langes Kochen mit 20 ccm Wasser und $^1/_2$ ccm 25 proc. Schwefelsäure — starke Rothfärbung, aber in anderer Nuancirung als beim Kochen mit Fleischbrühe: mehr in's rothgelbe spielend. $^1/_{10}$ ccm 25 proc. Schwefelsäure: ebenso, aber schwächere Rothfärbung.

2, 1, 0,5 ccm Normalschwefelsäure, ebenso, aber immer schwächer.

Versuch V.

Dieselben Resultate, also Rothfärbung je nach der Concentration der Säure, aber mit anderer Nuancirung als beim Kochen mit der Fleischbrühe, wurden beim Kochen mit Milchsäure erzielt.

Dagegen ergaben die Versuche mit salpetriger Säure folgendes:

Versuch VI.

Es wurde zuerst Fleisch mit 20 ccm Wasser und 5 ccm einer 0,2 proc. Lösung von salpetrigsaurem Natron mit ganz wenig schwacher Salzsäure 5 Min. lang gekocht. Es ergab sich ziemlich starke Rothfärbung genau von

Digitized by Google

der Farbe des in der Fleischbrühe gekochten Fleisches. Dasselbe Resultat, nur schwächer, ergaben 4 und 2 ccm derselben Lösung. Auch eine Mischung von Schwefelsäure oder Milchsäure mit salpetrigsaurem Natron gab dem Fleisch dieselbe Färbung wie die wirksame Fleischbrühe.

Es war somit wahrscheinlich geworden, dass nicht der Säuregehalt der Fleischbrühe an sich dem in ihr gekochten Fleische die eigenthümliche Rothfärbung verliehen hatte, sondern ihr Gehalt an salpetriger Säure. Dass solche überhaupt darin vorhanden war, wurde zunächst durch die Probe mit Schwefelsäure, Jodkali und Stärke nachgewiesen; allerdings war diese Probe nicht sehr scharf, da jodbindende Substanzen in der Fleischbrühe vorhanden waren. Hierauf wurde an derselben Fleischbrühe, die schöne Rothfärbung gegeben hatte, die Acidität bestimmt und war dieselbe gleich einer $^1/_{20}$ Normalsäure.

Es war nun nicht zu erwarten, dass in der Fleischbrühe solche Mengen salpetriger Säure vorhanden seien, wie in den obenbeschriebenen Versuchen nöthig waren, um das Fleisch beim Kochen roth zu färben. Deshalb wurde zunächst mit der Fleischbrühe der Versuch gemacht, ob auch die Dauer des Kochens und die Menge der Fleischbrühe von Einfluss seien.

Versuch VII.

Der Versuch erstreckte sich auf Mengen der Bouillon von 20, 50, 100, 200 und 400 ccm und auf die Dauer des Kochens von 5 und 15 Min. und ergab folgendes Resultat:

Die schönste Rothfärbung wurde erreicht bei 400 ccm der Fleischbrühe und 15 Min. langem Kochen, dann erst die von 200 ccm und 5 Min. langem Kochen und die anderen in folgender Reihe:

50 ccm und 15 Min. langes Kochen,
20 » » 15 » » »
100 » » 5 » » »
50 » » 5 » » »
20 » » 5 » » »

Es ist also damit nachgewiesen, dass die Stärke der Rothfärbung beim Kochen mit Fleischbrühe begünstigt wird durch die Menge der Fleischbrühe und die Dauer des Kochens.

Zur genauen Untersuchung, ob auch kleinere Nitritmengen bei längerem Kochen dem Fleisch dieselbe Rothfärbung geben wie die bei den ersten Versuchen gebrauchten

Digitized by Google

grösseren, wurde eine 0,1% Natriumnitritlösung hergestellt (dieselbe versetzte ich auf 100 ccm mit ca. 5 ccm $^1/_{25}$ Normalschwefelsäure), ferner eine Schwefel- und Milchsäure von der vorher in einer neuen Fleischbrühprobe bestimmte Acidität, $^1/_{25}$ normal, entsprechend 4 ccm Normalsäure in 100 ccm Wasser.

Versuch VIII.

Es wurde nun Fleisch in verschiedenen Mengen der nitritfreien, sehr schwachen Säuren gekocht und es gab, zunächst bei 5 Min. langem Kochen:

10 und 20 ccm Milchsäure
10 und 20 » Schwefelsäure } keine Rothfärbung

10 ccm Milch-, oder 10 ccm Schwefelsäure und 1 ccm Nitritlösung.
10 ccm Milchsäure und $^1/_2$ ccm Nitritlösung,
10 » » » $^1/_4$ » »

sämmtlich die schöne, charakteristische Rothfärbung, je nach der Menge der salpetrigen Säure; die Fleischstücke mit Schwefelsäure oder Milchsäure sind nicht zu unterscheiden.

Aber auch ohne nennenswerthen Säurezusatz gelang der Versuch: $^1/_4$ ccm der obigen, sehr schwach angesäuerten Nitritlösung und 15 ccm Wasser, ebenso 1 ccm Nitritlösung und 15 ccm Wasser gaben ebenfalls die charakteristische Rothfärbung; erstere schwach, letztere ziemlich stark.

Bei 15 Min. langem Kochen gaben

10 ccm Milchsäure
10 » Schwefelsäure } keine Rothfärbung,
10 » Milchsäure mit $^1/_2$ ccm Nitritlösung,
10 » Schwefelsäure mit $^1/_2$ ccm »

geben wieder die Rothfärbung und zwar schöner als bei 5 Min. langem Kochen. Noch schönere Rothfärbung ergibt 1 ccm angesäuerte Nitritlösung und 15 ccm Wasser; auch $^1/_4$ ccm Nitritlösung und 15 ccm Wasser gaben sie eben noch, während $^1/_2$ ccm Nitritlösung und 15 ccm Wasser eine Rothfärbung ergeben, die in ihrer Intensität der durch die Fleischbrühe bewirkten am ähnlichsten ist. Bei Berechnung des Gehaltes letzterer Nitritlösung ergaben sich 18 mg N_2O_3 im Liter; ein solcher Gehalt der hiesigen Fleischbrühe an N_2O_3 ist leicht möglich, denn das hiesige Leitungswasser enthält etwa 15 mg N_2O_5 pro Liter, welche bei ihrer Reduction durch Bacterien in der Fleischbrühe 11 mg N_2O_3 bilden könnten.[1]) Es ist aber auch das beträchtliche Einkochen bei der Bouillonbereitung zu berücksichtigen und das Nitrat der grünen Suppengemüse.

Es ist also durch die vorstehenden Versuche bewiesen, dass nicht der Gehalt einer aufbewahrten Fleischbrühe an aus

1) N_2O_5 reducirende Bacterien sind bekanntlich so verbreitet, dass es unnöthig schien, diesen Vorgang bacteriologisch zu verfolgen.

Digitized by Google

Kohlehydraten entstandener Milch- oder Essigsäure die charakteristische Rothfärbung des Fleisches beim Kochen bewirkt, sondern dass diese abhängig ist von der Anwesenheit und Menge der salpetrigen Säure und von der Dauer des Kochens damit. Ferner ist dazu natürlich nöthig, dass der Blutfarbstoff des Fleisches nicht vorher durch Kochen zerstört wird, da, wie Experimente ergeben haben, sich gekochtes, graues Fleisch schon beim nachträglichen Kochen mit salpetriger Säure nicht mehr roth färbt.

Selbstverständlich mag in manchen Fällen auch die Verwendung von salpeterhaltigem Conservensalz an der Rothfärbung des Fleisches beim Kochen Schuld sein. Wie sich leicht zeigen lässt, färbt eine schwache Nitratlösung zwar Fleisch beim Kochen nicht roth, dagegen wird Fleisch sofort durch Kochen roth, wenn es zuvor mit etwas Nitratlösung einige Zeit gestanden (24 bis 48 Stunden) und dabei ein Theil des Nitrats in Nitrit verwandelt ist[1]). Einer besonderen Untersuchung soll vorbehalten bleiben, ob auch die in der Kälte eintretende Rosafärbung des gepökelten Fleisches auf Nitritwirkung zu beziehen ist.

II. Rothfärbung des Fleisches durch schwefligsaure Salze.

Die schwefligsauren Salze haben die Eigenschaft, dem rohen Fleische eine schöne, rothe Farbe zu verleihen und werden deshalb, wie es scheint, in grossem Umfang zur Conservirung benutzt. Um die Ursachen dieser Rothfärbung zu erkennen, wurden folgende Versuche angestellt:

Einigen Stücken Rindfleisch wurde schwefligsaures Natron mit und ohne Kochsalz zugesetzt. Schon nach wenigen (5) Stunden hatte das mit schwefligsaurem Natron und Kochsalz behandelte Fleisch statt der braunrothen eine dunkelzinnoberrothe Farbe, dasselbe ohne Kochsalz dieselbe Farbe, nur leuchtender angenommen; am nächsten Tage hatte es noch dieselbe Farbe, ebenso nach weiteren zwei Tagen. Doch erstreckten sich die Farbenveränderungen nur auf die Oberfläche, wie sie auch an Stellen

1) Vergl. Nothwang, Arch. f. Hyg., XVI.

Digitized by Google

nicht vorhanden waren, wo keine Luft zutreten konnte; z. B. war das Fleisch, das zwischen zwei Glasplatten lag, dort an der Oberfläche unverändert, dagegen hatte es am Rande, wo es über dieselben hinausragte, die zinnoberrothe Farbe angenommen.

Hieraus lassen sich folgende Schlüsse ziehen: Die Behandlung mit SO_2 beeinträchtigt die Reduction und eventuell weitere Zerstörung des Hämoglobins, offenbar durch Störung der Fäulnis oder anderer noch vor der Fäulnis im Fleisch ablaufender Reductionsprocesse[1]).

Es braucht zwar die schweflige Säure selbst für ihre Oxydation etwas Sauerstoff; wenn aber nur genügend Luft zutreten kann, liegen die Verhältnisse doch so, dass das vor Zerstörung geschützte Hämoglobin sich in Oxyhämoglobin umwandelt und dieses dann die schöne, hellrothe Farbe des Fleisches bedingt.

Spectroskopische Untersuchungen des intensiv rothen Fleisches ergaben stets nur Oxyhämoglobin.

Auch Wurst von verschiedenen Sorten wurde ebenso wie das Fleisch behandelt; doch war an diesen keine Farbenveränderung wahrzunehmen, wohl weil gekochtes Material Verwendung gefunden hatte.

III. Untersuchung des Würzburger Fleisches auf schwefligsaure Salze.

Veranlasst durch die in der Zeitschrift f. Hygiene, Bd. 22, ververöffentlichte Arbeit von H. Kionka über die Gefährlichkeit und weite Verbreitung der Conservirung des Fleisches mit schwefligsauren Salzen, wurde hiesige Bratwurst auf folgende Weise darauf untersucht:

Die rohe Bratwurstfülle, ca. 40 g, wurde möglichst klein vertheilt und mit 150 ccm Wasser zusammen in eine Flasche gebracht, durch welche, um die Luft zu verdrängen, ein Kohlensäurestrom geleitet wurde. Hierauf wurde durch Dazugiessen

1) Damit stimmte eine von Rubner auf dem hygien. Congress in Madrid gemachte Bemerkung: »Die schweflige Säure ist ein Conservirungsmittel des Blutfarbstoffs.« Sie ist geradezu ein Conservirungsmittel für das Oxyhämoglobin.

Digitized by Google

von Phosphorsäure unter Erhitzen die schweflige Säure aus ihren Salzen frei gemacht und durch einen Kühler in eine 10proc. Jodlösung geleitet, woselbst sie sich zu Schwefelsäure oxydirte. Dann wurde das Jod durch Auskochen entfernt und die Schwefelsäure als Bariumsulfat gewogen. Um mich zu üben, hatte ich den Versuch vorher verschiedene Male gemacht, dabei auch zweimal bekannte Mengen schwefliger Säure richtig bestimmt, so dass an der Richtigkeit der folgenden Untersuchungen kein Zweifel sein kann.

Es waren sechs Proben der Bratwurstfülle von sechs verschiedenen Metzgern untersucht worden; bei fünf derselben wurde schweflige Säure darin gefunden und zwar in folgender Menge:

Metzger A. in 1 kg 0,088 g SO_2,
» B. » » 0,025 g »
» C. » » 0,040 g »
» D. » » 0,025 g »
» E. » » 0,018 g »

Die Frage, ob solche Mengen schwefliger Säure im Fleisch schädlich wirken können, darf wohl verneint werden.

Eine andere Frage ist es allerdings, ob diese Conservirungsmethode überhaupt zu gestatten sei. Denn wie leicht könnte es vorkommen, dass ein Metzger, um sein Fleisch länger als gewöhnlich zu conserviren, auch eine entsprechend grössere Dosis des Salzes nehmen würde, was dann unter Umständen zu schweren Vergiftungserscheinungen führen könnte. Das Beste wäre daher wohl, wenn man überall, dem Beispiel der kgl. sächsischen Regierung folgend, die Conservirung mit schwefliger Säure gänzlich verbieten würde.

Zum Schlusse erübrigt mir noch die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann für die gütige Ueberlassung der Arbeit und die fortwährende freundliche Mithilfe bei derselben meinen besten Dank auszusprechen.

Digitized by Google

Zur Kenntnis der Abwässer von Zuckerfabriken.

Von

Ferdinand Hueppe.

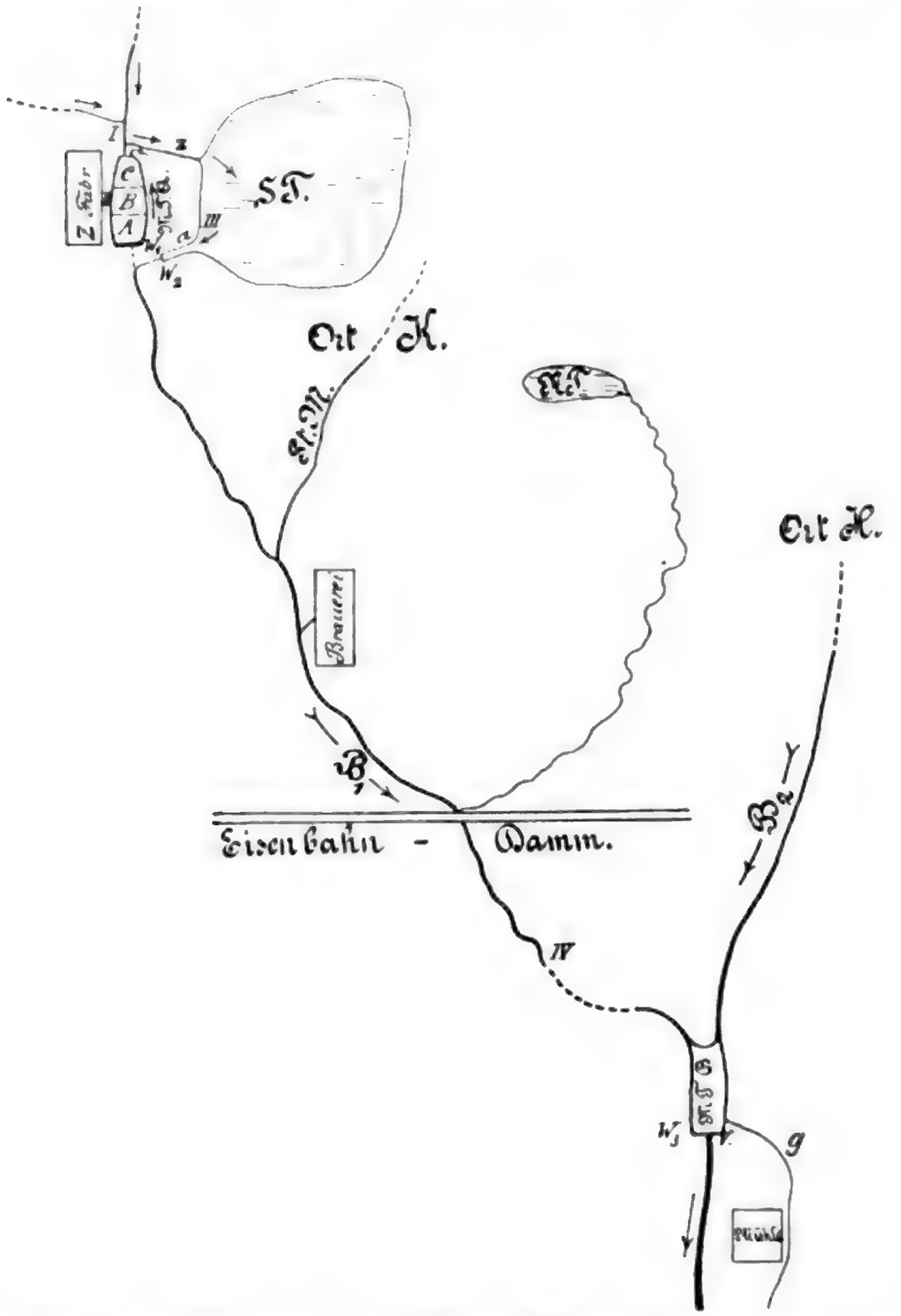
Die Abwässer von Zuckerfabriken gehören bekanntlich zu den unangenehmsten Abwässern, die wir überhaupt kennen. In Böhmen ist dies in um so höherem Maasse der Fall, als das Land wasserarm ist und die kleineren Nebenflüsse und Bäche sehr wenig Wasser führen. Die Verunreinigung dieser kleinen Wasserläufe erreicht deshalb ganz ungewöhnlich hohe Grade, die vielfach zu den schwersten gesundheitlichen Missständen führen.

In der Litteratur sind leider, trotz der vielen Untersuchungen, nur wenige vom hygienischen Standpunkte verwerthbare Angaben vorhanden. Aus diesem Grunde möchte ich über eine derartige Untersuchung berichten, die manches Interessante geboten hat.

Die Situation war kurz folgende. Ein aus der Vereinigung des Ablaufes zweier Teiche gebildeter kleiner Bach B_1 fliesst dem Orte K zu. Oberhalb dieses Ortes liegt die Zuckerfabrik Z. Bei dieser war ursprünglich eine kleine Erweiterung des Baches als Mühlteich $MT.A$ angelegt. Vor dem Eintritte in diese teichartige Erweiterung geht ein Seitenzweig z, ab, welcher den in der Nähe liegenden grossen, aber flachen Schlossteich ST speist. Das Abwasser dieses Schlossteiches, a, fällt unterhalb über ein Wehr w_2 und vereinigte sich an dieser Stelle ursprünglich mit

Digitized by Google

dem über das Wehr w_1 abfallenden Bachwasser des Mühlteiches *A*. Von hier aus läuft der Bach durch den Ort *K* und dann in



vielfach geschlängeltem Laufe durch Wiesen bis zu einer vom Teiche *A* etwa 2 km entfernten Mühle. Vor dieser Mühle ist durch eine Erweiterung und ein eingebautes Wehr w_3 ein zweiter

Digitized by Google

Mühlteich *MT.B* gebildet. In diesen Mühlteich *B* fliesst zu dem Wasser des Baches B_1, vom Orte *K* noch das Wasser B_2, eines annähernd gleich grossen Baches vom benachbarten, etwa 2 km entfernten Dorfe *H*. Von diesem Teiche führt ein Mühlgraben *g* das Wasser der Mühle zu.

Innerhalb des Ortes *K* ist noch als Ablauf eines Teiches ein kleiner Mühlbach *StM*, welcher auch Schmutzwässer von einzelnen Gehöften aufnimmt und so stark ist, dass er ungefähr ein Drittel des Gesammtwassers des Baches B_1 unterhalb des Ortes *K* ausmacht. Dann folgt eine kleine Bierbrauerei, deren Abwässer gleichfalls in den Bach einmünden.

Die meisten oberirdischen Abwässer des Dorfes *K* gelangen in einen zweiten Teich *NT*, dessen Abwässer erst nach längerem Laufe über die Wiesen unterhalb der Brauerei in den Bach B_1 einmünden. Die Wassermenge des Baches B_1 oberhalb des Ortes ist so gering, dass in der Regel das Wasser ganz zum Speisen des Schlossteiches verwerthet werden muss. Infolgedessen war es möglich, dass die Zuckerfabrik ihre Kläranlage an der Stelle des ursprünglichen Mühlteiches *A* anlegen konnte. Alles Wasser des Baches B_1 passirt deshalb jetzt den Schlossteich.

Ich habe die Verhältnisse zweimal im Auftrage der Regierung untersucht und zwar das erstemal zur Zeit der »Campagne« und das zweitemal, um Controllmaterial zu bekommen, im Hochsommer. Die letztere Untersuchung will ich vorwegnehmen, weil sie über die Verhältnisse Aufschluss gibt, wenn die Zuckerfabrik nicht arbeitet.

Allerdings waren damals die Verhältnisse absichtlich etwas abnorm gemacht zu Gunsten der Zuckerfabrik, insofern das Bachbett B_1 von der Zuckerfabrik bis zur Einmündung von *StM* gereinigt, unterhalb aber in dem ursprünglichen schlechten Zustande belassen worden war. Die Untersuchung im Sommer bei einer Lufttemperatur von 17° und bei einer Wassertemperatur von 14,8° fand während einer Regenperiode statt und auch am Tage der Besichtigung regnete es. Sämmtliche Bäche der Gegend waren durch Lehmbestandtheile röthlich getrübt.

Als Entnahmestellen wurden gewählt:

I. Stelle des Baches oberhalb der Zuckerfabrik;

II. bezeichnet die Entnahme in der Kläranlage;

III. Ueberfall vom Schlossteiche, der den Reinigungsgrad des Wassers durch diesen Teich anzeigt;

IV. unterhalb der Bierbrauerei an einer Stelle, an der die Abwässer der Bierbrauerei und des Dorfes bereits eingemündet sind;

V. ist die Entnahmestelle am Wehr der unterhalb gelegenen Mühle.

Die chemische Zusammensetzung des Wassers ergibt sich aus der Tabelle I auf S. 23.

Bacteriologisch ergab sich

bei	I	73,880	Colonien und 4	Arten
»	III	28,080	» » 2	»
»	IV	167,363	» » 5	»
»	V	116,670	» » 6	»

Auf die mikroskopischen Ergebnisse gehe ich später im Zusammenhange ein.

Vor Besprechung dieser Zahlen muss ich noch einige Bemerkungen über die Analyse vorausschicken.

Die Wässer waren alle trüb und zur Reaction mit dem Nessler'schen Reagenz nicht genügend farblos. Um sämmtliche für die Untersuchung wichtigen Stickstoffzahlen zu erhalten, wurde deshalb in folgender Weise vorgegangen. Zuerst wurde eine bestimmte Menge von sedimentfreiem Wasser in einem ammoniakfreien Raume mit Natronlauge versetzt bis zur deutlichen alkalischen Reaction. Ein Ueberschuss an Alkali muss jedoch vermieden werden, um nicht organische Stickstoffverbindungen zu zersetzen, und das so aufgeschlossene Ammoniak nicht als anorganischen Stickstoff mitzurechnen. Aus der Lösung wurde ein Theil abdestillirt und mit Schwefelsäure aufgefangen. Auf diese Weise wurde der anorganische Stickstoff der Ammoniumverbindungen bestimmt. Ein Theil des Wassers wurde zur Bindung des Ammoniaks mit Schwefelsäure versetzt und auf ein kleineres Volumen eingedampft, dann quantitativ in den

Digitized by Google

Tabelle I.

Entnahmestelle	Sediment in 1 l	Im sedimentfreien Wasser mg in 1 l						Härte in deutschen Härtegraden	Stickstoff mg auf 1 l					Anmerkung	Keimgehalt	
		Abdampfrückstand	Kalk CaO	Magnesia MgO	Schwefelsäure SO_3	Chlor Cl	Sauerstoffverbrauch		Ammoniumsalze als NH_3	Gesammtstickstoff im sedimentfreien Wasser	Organischer Stickstoff im sedimentfreien Wasser	Gesammtstickstoff incl. Sediment	Organischer Stickstoff des Sediments		Zahl pro 1 ccm	Arten
I	42	374	105	33,5	30,5	23,2	11	15,2	0,85	2,1	1,4	4,2	2,1	Neutrale Reaction. Freie CO_2. Beim Abdampfen Abscheidung organ. Verbindungen.	73 880	4
III	0	163	33	16	14	12	8,89	5,5	0,445	2,8	2,45	2,8	0	Neutrale Reaction. Freie CO_2.	28 080	2
IV	70,8	365	107,2	25	45,5	23,2	10,7	14,2	3,4	5,6	2,8	7	1,4	Schwach sauere React. Schwefelwasserstoff! Im Sedimente Fe S. Beim Abdampfen Abscheidung organischer Verbindungen.	167 363	5
V	94,4	485	116	39	39,4	27,2	10,9	17	1,6	2,1	1,5	4,9	2,7	Neutrale Reaction. Freie CO_2. Beim Abdampfen Abscheidung organ. Verbindungen.	116 670	6

Digitized by Google

Kjeldahl'schen Kolben gebracht, das überschüssige Wasser verdampft und dann mit einigen Cubikcentimetern concentrirter Schwefelsäure eine Stunde erhitzt. In dieser Zeit werden sämmtliche organische Verbindungen zerstört und die Lösung erscheint fast farblos. Wenn dieses nicht der Fall war, genügten einige Körnchen Kaliumpermanganat zur Entfärbung. Auf diese Weise bekommt man den Gesammt-Stickstoff. In dieser Weise wurde sowohl mit den sedimenthaltigen wie sedimentfreien Wässern verfahren. Wie stark man die Normalschwefelsäure zum Titriren zu nehmen hat, muss man durch einen Vorversuch feststellen. Im vorliegenden Falle wurde zwischen $^1/_2$ und $^1/_5$ Normalschwefelsäure variirt. Die Wässer enthielten keine salpetrige Säure und so geringe Spuren von Salpetersäure, dass sie vernachlässigt werden konnten. Bei der später zu erwähnenden Untersuchung während der Campagne wurde die Salpetersäure ausserdem quantitativ bestimmt.

In chemischer Beziehung ergibt sich, dass das trübe Wasser durch den Schlossteich, der als Klärbecken wirkt und in dem zugleich eine Verdünnung mit dem angesammelten chemisch reineren Wasser der vorausgegangenen Trockenperiode stattfand, eine bedeutende Reinigung erfährt, die sich in dem vollständigen Freiwerden von Sedimenten, in der Abnahme der gelösten Bestandtheile und in einer Herabsetzung der Keimzahl von 73 880 auf 28 080 ausspricht. Unterhalb, bei IV, wird das Wasser wieder unrein durch Einmündung der Abwässer der Bierbrauerei und des Dorfes. Aber ein Vergleich von I und IV zeigt auch, dass trotz der Bierbrauerei und der Schmutzwässer des Dorfes, die durch den Regen in die Bäche hineingespült wurden, der Gehalt an gelösten und suspendirten Stoffen unterhalb des Dorfes annähernd so gross ist wie der des »reinen« Wassers oberhalb des Ortes *K*. Der Keimgehalt ist bei IV allerdings grösser 167 363 (IV) gegen 73 880 (I). Daraus ergibt sich wohl unzweideutig, dass der Hauptgrund für die Verunreinigung des Baches B_1 innerhalb des Ortes *K* in denselben Verhältnissen zu suchen ist wie die Verunreinigung des Baches vor dem Orte: nämlich in dem Abschwemmen der oberirdischen Verunreinigungen durch den Regen.

Digitized by Google

Ein besonders hoher Grad der Verunreinigung, der auf die Bierbrauerei hätte zurückgeführt werden müssen, liess sich gegenüber diesem allgemein in Betracht kommenden übergeordneten Momente damals nicht nachweisen. Dass die letztere Deutung die richtige ist, ergibt sich auch aus dem Verhalten von V im Vergleiche zu IV. Es zeigt sich bei diesem Vergleiche in Bezug auf die gelösten Bestandtheile theils eine geringe Abnahme, theils eine geringe Zunahme der gelösten Bestandtheile, aber eine etwas stärkere Zunahme der Sedimente. Bei V hatte aber vor allem die Vermischung mit dem Bache vom Orte *H* stattgefunden, der verhältnismässig wenig gelöste Stoffe führte, aber infolge des Regens stark getrübt war. Diese Vermischung mit dem Bache B_2 ist auch aus der Herabsetzung der Keimzahl von 167363 (IV) auf 116670 (V) ersichtlich. Bei Nichtvorhandensein der Abwässer der Zuckerfabrik erhält nach diesen Ermittlungen die Mühle, trotz der Bierbrauerei und des Ortes *K* selbst unter den ausserordentlich ungünstigen Verhältnissen einer Regenperiode das Wasser (V) fast so rein, wie es dem Orte *K* vor der Zuckerfabrik (I) zufliesst.

Der etwas höhere Kalkgehalt erklärt sich in einfacher Weise. In Folge der Klärung der Zuckerabwässer mit Kalkmilch hatte sich früher im Bachbette viel kohlensaurer Kalk abgeschieden, der allmählich in Lösung gelangt. Von der Zuckerfabrik war eine theilweise Reinigung des Bachbettes bis zur Einmündung von *St M* vorgenommen worden, um den Anschein zu erwecken, als sei die Zuckerfabrik ein unschuldiges Lamm und habe gar nichts mit der Verschlechterung des Baches zu thun. Der schmutzige Zustand unterhalb sollte den Eindruck machen, als ob das Dorf und die Bierbrauerei allein die Verschmutzung bewirkt hätten. Der Kalkgehalt zeigt nun unter gleichzeitiger Berücksichtigung der anderen gelösten Stoffe unzweideutig, dass die alten Sünden der Zuckerfabrik auf Jahre nachwirken und besonders auch auf recht weite Strecken.

Wesentlich abweichend von diesem Verhalten ist das zur Zeit der Campagne. Der Tag der Besichtigung war ein klarer Wintertag, an dem die Teiche und ruhigen Stellen der Bäche

Digitized by Google

mit Eis bedeckt waren, welches vielfach bereits Kinder trug. Gegen Mittag stieg die Lufttemperatur in der Sonne auf 0°. Schon in einiger Entfernung vom Bache machte sich ein intensiv übler Geruch bemerkbar, aus dem sich der charakteristische Geruch von Schwefelwasserstoff abhob.

Wie schon bemerkt, liegt die Fabrik oberhalb des Ortes, und die Kläranlage der Fabrik ist dort angelegt, wo ursprünglich der Mühlteich *MT. A* war, weil dieser Abschnitt des Baches dadurch überflüssig geworden war, dass alles Wasser durch den Schlossteich abfloss.

Die Kläranlage besteht aus drei Becken. Das erste *A* ist vom zweiten *B* durch eine unten offene Schleuse geschieden, so dass das Wasser im ersten Abschnitte *A* oben eintritt, durch die Schleuse gezwungen nach unten strömt, dann im zweiten Abschnitte *B* wieder aufsteigt und nunmehr in das dritte Becken *C* überfällt. Es wird also eine unvollkommene, auf- und absteigende Filtration mit der Sedimentirung verbunden. Das durch die Kläranlage gegangene, angeblich gereinigte Wasser, tritt gemeinsam mit dem Bachwasser *z* in den Schlossteich ein, mit dessen relativ reinem Wasser es sich mischt.

Die Zuckerfabrik entnimmt ihr reines Wasser für den Betrieb oberhalb der Kläranlage bei I, oberhalb der Abgangsstelle des Baches *Z* in den Schlossteich. Das Condenswasser der Fabrik tritt in die zweite Abtheilung *B* der Kläranlage ein. Die Wassermenge, welche der Fabrik zu Gebote steht, ist so gering, dass das Wasser aus dem Schlossteiche *ST* bei III kurz vor seinem Ablaufe aus diesem Teiche zu Reinigungszwecken, wie Rübenwäsche, wieder verwerthet werden muss, trotzdem es, wie nachher gezeigt werden wird, noch keine genügende Reinigung durchgemacht hat.

Die Klärbecken rochen ganz abscheulich, besonders nach Schwefelwasserstoff. Ich spreche übrigens nur dann von Schwefelwasserstoff, wenn derselbe auch chemisch, durch Bleiacetat oder alkalisches Bleioxydnatrium nachgewiesen wurde. Das Wasser war von schmutziggrauer Farbe, trübe und mit einer schaumigen, grauweissen Schicht bedeckt, welche gegen das

Digitized by Google

Ende der Kläranlagen etwas geringer war. Das Wasser des Schlossteiches *ST* war trübe, von graugrüner Farbe, ohne Schaum und roch nicht nach Schwefelwasserstoff, sondern hatte nur den eigenthümlichen Geruch der Rübenwässer. Beim Ueberfalle aus dem Schlossteiche, w_2, wo das Wasser etwas zerstäubt wurde, war jedoch deutlicher und zwar starker Geruch nach Schwefelwasserstoff zu bemerken.

Das Bachbett liess damals von der Zuckerfabrik ab bis zur unteren Mühle einen üblen Geruch wahrnehmen, der erst in dem unteren Mühlteiche *MT. B* geringer war. — Die vorher von mir erwähnte Reinigung des Bachbettes von der Zuckerfabrik bis zur Bierbrauerei war auf Grund meiner Ermittelungen später vorgenommen worden, als würdige Vorbereitung für spätere Besichtigungen. — Aber am Ueberfallwehr w_3 des unteren Mühlteiches *B*, wo das Wasser zerstäubt wurde, war wieder deutlicher Geruch nach Schwefelwasserstoff wahrzunehmen.

Das Bachbett war mit einer schwärzlichen, an manchen Stellen intensiv schwarzen Schlammschicht bedeckt. Am Ufer und auf den Steinen flottirten braune und graue Algenmassen, darunter Sphaerotilus natans und Leptomitus lacteus. Manche Steine und manche Stellen des Bachgrundes waren mit feinen, weissen Ueberzügen von Beggiatoa alba versehen.

Der Schlossteich, manche ruhigeren Stellen des Baches und der untere Mühlteich zeigten stärkere Entwicklungen der Wasserlinsen, die zum Theil im Eise eingeschlossen waren. Wie oben bemerkt, waren nämlich die Bäche und Teiche, auch der untere Mühlteich *B*, an ruhigen Stellen mit Eis bedeckt, die Kläranlage und ein Streifen im Schlossteiche, der der Kläranlage zugekehrt war, waren eisfrei.

Die Abwässer von Zuckerfabriken enthalten reichliche Mengen zersetzungsfähiger, stickstoffhaltiger und stickstofffreier, organischer Stoffe, die ich im Einzelnen hier nicht anzuführen brauche. Zu bemerken wäre nur, dass die Abwässer reichlich Alkalien, aber auch Pflanzensäuren führen. Aus beiden Gruppen bilden sich etwa nicht nur normale, neutrale, sondern auch sauere pflanzensauere Alkalisalze. Zum Verständnisse will

Digitized by Google

ich nur anführen, dass z. B. die Bindung von Essigsäure durch essigsaures Kalium sauer reagirende Salze liefert: $CH_3 \cdot COOK + 1\,CH_3 \cdot COOH$ (saures Salz) oder $CH_3 \cdot COOK + 2\,CH_3 \cdot COOH$ (übersaures Salz). Das sogenannte bittere Kleesalz ist ein Gemenge von saurem ($COOH \cdot COOK$) und übersaurem ($COOH \cdot COOK + COOH\ COOH$) oxalsauren Kalium.

Derartige, ich möchte fast sagen, selbstverständliche Dinge werden aber, wie ich aus anderen gutachtlichen Aeusserungen ersehen habe, noch nicht genügend beachtet, wenn man die Klärung mit Kalk, die im vorliegenden Falle in Betracht kam, zu beurtheilen hat. Es hängt selbstverständlich derartig zusammengesetzten Massen gegenüber vor allem von der Menge des Kalkzusatzes ab, ob solche Abwässer sauer, neutral oder alkalisch reagiren können.

Die Abwässer der Kläranlage reagirten schwach sauer, trotz der Anwendung von Kalk, zu einer anderen Zeit einmal neutral. Die alkalische Reaction, welche einen richtigen Zusatz von Kalkmilch angegeben hätte, ist niemals gefunden worden. Wie man sich die Desinfection mit Kalkmilch — denn eine solche war vorgeschrieben worden — gelegentlich vorstellt, ergibt sich daraus, dass z. B. alte Kalkreste, welche nur noch kohlensauren Kalk enthalten konnten, ungenügend zerkleinert in die Kläranlage eingebracht wurden. Das Wasser des Schlossteiches reagirte neutral, das Wasser bei IV wieder schwach sauer und im unteren Mühlteiche *B* wieder neutral.

Ueber die chemische Ermittlung orientirt Tab. II auf S. 29.

Aus diesen Ermittlungen ergibt sich zunächst, dass die Abwässer der Zuckerfabrik die Kläranlage in ausserordentlich wenig gereinigtem Zustande verlassen. Zunächst war kohlensaurer Kalk als Klärmittel in ganz ungenügender Weise vorhanden. Der Kalk hatte aber auch in Form von Kalkmilch als Desinfectionsmittel ebenso ungenügend eingewirkt, wie sich aus dem Gehalte des ablaufenden Wassers an 160500 Keimen ergibt. Da der Anfangsgehalt gegen 2 Millionen betrug, ist allerdings eine mässige Desinfectionswirkung vorhanden. Wie

Digitized by Google

Tabelle II.

Entnahmestelle	Sediment in 1 l	Im sedimentfreien Wasser waren mg in 1 l: Abdampfrückstand	Eisen Fe_2O_3	Kalk CaO	Magnesia MgO	Schwefelsäure SO_3	Chlor Cl	Sauerstoffverbrauch aus $KMnO_4$	Härte in deutschen Graden	Stickstoff mg in 1 l: Salpetersäure N_2O_5	Ammoniumsalze als NH_3	Gesammtstickstoff im sedimentfreien Wasser	Organischer Stickstoff im sedimentfreien Wasser	Gesammtstickstoff incl. Sediment	Organischer Stickstoff im Sediment	Anmerkung	Keimgehalt: Zahl pro 1 ccm	Arten
I	0	135,5	0	33,2	14,15	29,92	10	7,2	5,3	0,5	0	0	0	0	0	Neutrale Reaction. Freie CO_2. Spuren von Eisen im Kalk mitbestimmt.	615	4
II	89,6	515	16,1	76,7	16,92	10,22	10	28,7	10,04	0,5	8,5	14	7	28	14	Schwach sauere React. CO_2, H_2S. Beim Abdampfen Abscheidung organ. Verbindungen.	160500	5
III	64,8	416	50,8	33,8	16,20	13,09	10,22	23,55	5,65	0,32	5	11,2	7	19,6	8,4	Neutrale Reaction. CO_2, H_2S.	185700	5
IV	161,6	619	11,9	143	25,35	15,3	20	22	17,85	0,24	6,375	14	8,75	21	7	Schwach sauere React. CO_2, H_2S. Sediment stark FeS-haltig.	222680	5
V	57,6	742	49,6	104	27,27	24,82	20	19	14,22	0,36	5,95	7	2,1	14	7	Neutrale Reaction. CO_2, H_2S. Sediment stark FeS-haltig.	132080	6

Digitized by Google

ungenügend aber diese Vorkehrungen sind, zeigt sich darin, dass in dem grossen Schlossteiche nur eine ganz geringfügige Reinigung erfolgt, die sich vorwiegend als eine Abscheidung von Kalk und Herabsetzung der Härte zu erkennen gibt. Die anderen Stoffe sind nur ganz geringfügig betroffen, zeigen sogar, wie Eisen, wohl in Folge der biologischen Umsetzungen zum Theil eine Vermehrung. Unter dem Einflusse der Abscheidung des kohlensauren Kalkes im Schlossteiche wird die bacteriologische Zersetzung in demselben verstärkt, und es tritt sogar eine Zunahme der Keimzahl von 160500 (II) auf 185700 (III) ein.

Während der Schlossteich *ST* ohne Einfluss der Zuckerfabrik, wie aus der erst mitgetheilten Untersuchung hervorgeht, als Sedimentir- und Klärbecken gut functionirt, leistet er wohl als Folge der Kalklösung den Abwässern der Zuckerfabrik gegenüber fast nichts, und dieses schmutzige Wasser muss in der Fabrik sogar wieder zu Reinigungsarbeiten verwerthet werden!

In Folge der Kohlensäurebildung bei den biologischen Processen konnte sich wieder ein Theil des niedergeschlagenen Calciumcarbonates zu doppeltkohlensaurem Kalke lösen, und es tritt weiter unterhalb des Ortes *K* bei IV wieder eine Zunahme der Erdalkalien und damit der Härte des Bachwassers ein, während in dem unteren Mühlteiche *MT.B* in Folge der Mischung mit dem reineren Wasser vom Orte *H* eine Verminderung (bei V) sich einstellt.

Die Analyse von IV unterhalb des Ortes ergibt, dass bei IV wieder eine geringe Zunahme der »Stadtlaugenstoffe«, besonders von Chlor, vorhanden ist und dieses beweist, dass an der Verschlechterung des Baches unterhalb des Ortes die Abwässer des Dorfes und vielleicht auch der Brauerei einen kleinen Theil der Schuld tragen. Aber ein Vergleich der Analysen II, III und IV zeigt auch, dass dieses Mehr gegenüber dem Gesammteinflusse der Zuckerfabrik untergeordnet ist, so dass die Verschlechterung des Bachwassers fast ausschliesslich Schuld der Zuckerfabrik ist. Auch die Mischung des Abwassers mit dem relativ reinen Wasser des Baches B_2 von *H* vermag die schlechte Beschaffenheit im Mühlteiche *B* nur wenig zu verbessern.

Digitized by Google

Auch bacteriologisch ist unzweifelhaft bei IV eine Vermehrung der Keimzahl von 185700 (III) auf 222680 (IV) vorhanden und auch dieses spricht für den eben erwähnten Zusammenhang.

In einer anderen Analyse, die nicht von mir ausgeführt worden war, war das Wasser unterhalb der Bierbrauerei und der Einmündung des Dorfabwassers sogar besser als oberhalb. Doch möchte ich darauf weiter keinen Werth legen, als insofern dies zeigt, dass gegenüber der Zuckerfabrik thatsächlich die anderen Einflüsse stark zurücktreten. Dieses kommt umsomehr in Betracht, als bei dieser späteren Analyse das Bachbett oberhalb bereits gereinigt war.

Bei Verwendung sauerer Gelatine, bei der die absoluten Zahlen geringer sind und nicht so vergleichbar erscheinen, zeigte sich besonders, dass die Zahl der Hefenkeime bereits in der Kläranlage sehr gross war und nicht erst aus der Brauerei stammte.

Im Mühlteich trat dann wieder in Folge der Mischung mit dem reineren Wasser von *H* eine Herabsetzung der Keimzahl von 222680 auf 132080 ein.

Der starke Verbrauch von Kaliumpermanganat, bezüglich von Sauerstoff lässt ohne weiteres erkennen, dass ein solches, noch dazu kohlensäurereiches und schwefelwasserstoffhaltiges Wasser zur Fischzucht ganz ungeeignet ist und dieser Nebenerwerb des Müllers unterhalb war thatsächlich seit der Einrichtung der Zuckerfabrik eingegangen.

Ein anderer Nebenerwerb des Müllers hatte in der Gewinnung von Eis auf dem Mühlteiche *B* bestanden. Eine Probe relativ reines Eis ergab nun im Durchschnitte 92729 Colonien pro 1 ccm des aus dem Eise gewonnenen Wassers mit vier Arten. Ein solches Eis ist nach seiner Beschaffenheit und Herkunft nicht geeignet zum menschlichen Genusse, so dass auch die Eisgewinnung eingestellt werden musste.

Durch den Einfluss der Zuckerfabrik war der Betrieb der Mühle 2 km unterhalb der Zuckerfabrik unmöglich geworden. Der Grund liegt in der besonderen Richtung der Zersetzungen

in den Abwässern. Die gewöhnliche bacteriologische Untersuchung klärt darüber nicht auf. Die Culturen ergaben pro 1 ccm:

I	615	Keime,	4	Arten,
II	160500	»	5	»
III	185700	»	5	»
IV	222680	»	6	»
V	132080	»	6	»
das Eis von V	92729	»	4	»

Die Arten waren gewöhnliche, in Wasser und Boden vorkommende Saprophyten, wie sie sich an der Zersetzung organischer Substanzen betheiligen.

Aus dieser Art der Zersetzung erklären sich die Verhältnisse nicht, und man muss unbedingt eine genaue mikroskopische Analyse vornehmen, sowohl frisch, als auch nachdem man das Wasser sich selbst überlassen hat und nachdem auf diese Weise eine spontane Entwicklung solcher Keime eingetreten ist, die sich der unmittelbaren Cultur und Beobachtung entziehen.

I. Das Wasser war klar, ohne Geruch, ohne Trübung, nach längerem Stehen bildete sich keine Haut, sondern nur feine bräunliche Flöckchen am Boden, welche Cladothrix- und Crenothrixfäden enthalten.

II. Das Wasser war stark graugelblich getrübt, mit vielen Flöckchen durchsetzt. Beim Stehen bildet sich ein stark irisirendes Häutchen und ein starker grünbrauner Bodensatz. Ausser Coccen, Stäbchen und Schraubenformen (unter den letzten Spirillum serpens) finden sich Beggiatoa alba, Cladothrix dichotoma, Leptothrix ochracea, Leukonostoc, ferner Nostoc, Oscilaria, Ulothrix und einige nicht genau bestimmbare Formen, wenige Monaden und Infusorien, darunter Stephanosphaera.

III. Das Wasser zeigt dasselbe Verhalten wie II, nur in einem etwas geringeren Grade. Neben Spirillum serpens auch Spirillum undula; keine Stephanosphaera vorhanden.

Digitized by Google

IV. Das Wasser ist stark getrübt mit grauen und schwärzlichen Flöckchen. Beim Stehen bildet sich eine starke graugrünliche irisirende Haut und ein starker, zum Theil schwärzlicher Bodensatz. Es wurden dieselben Formen wie oben II und III gefunden. Ausserdem aber viele Crenothrix polyspora und Leptothrix ochracea, viele Amöben, Infusorien, darunter Hydra viridis, Paramecium, Volvox.

V. Ein ganz ähnliches Verhalten wie bei IV, nur etwas schwächer.

Zum weiteren Verständnisse untersuchte ich noch Schlammproben und hierbei ergab sich, dass schon schwache Pflanzensäuren im Stande waren, Schwefelwasserstoff zu entwickeln. Der Schlamm enthielt reichlich Schwefeleisen. Ausserdem findet sich Eisen vor in den tieferen Schichten gelöst als Ferrobikarbonat und oberhalb der schwarzen Schichten an Rändern und Steinen auch Niederschläge von Ferrihydroxyd in Flöckchen, zum Theil frei, zum Theil eingelagert in den Scheiden und den organischen Massen der niederen Spaltpflanzen und Spaltalgen. Die schwarze Schicht zeigt dem Auge sofort die Grenze der rein anaëroben Zersetzungen.

Wie schon früher erwähnt, fand ich an Steinen flottirend oder als Ueberzug Sphaerotilus natans und Leptomitus lacteus und vielfach auch grössere zusammenhängende Ueberzüge von Beggiatoa alba.

Im Zusammenhange mit dem, was über die Lebensthätigkeit dieser verschiedenen Mikrobien ermittelt ist, gewinnt man jetzt nachstehendes Bild von den Zersetzungen, die im Wasser vor sich gehen. Die mikroskopisch und culturell nachgewiesenen Arten der Gruppen Crenothrix, Cladothrix, Leptothrix und Lyngbyia concentriren das in dem Wasser in geringen Mengen nachgewiesene Eisen, welches dann secundären, vielleicht rein chemischen Umsetzungen zugänglich ist. Die ganz ungleiche Art dieser Vegetation, welche noch durch theilweises Fliessen des Wassers im Bache und theilweise Stagnation begünstigt

Digitized by Google

wurde, erklärt zunächst das dem Chemiker ganz unverständliche Verhalten, dass der Gehalt an gelöstem Eisen in den einzelnen Abschnitten des Baches ganz bedeutenden Schwankungen unterworfen sein kann, dass er besonders in den stagnirenden Abschnitten III (Schlossteich), V (Mühlteich *B*), wo diese Eisenanhäufungen und Umsetzungen in intensiverer Weise vor sich gehen, grösser ist als im fliessenden Bach selbst (IV). Zu verschiedenen Zeiten dürften darin grosse Unterschiede zu erwarten sein.

Die organischen Massen, welche von der Zuckerfabrik geliefert werden, werden besonders durch Bacterien, wie sich aus deren Zunahme unzweideutig ergibt, gespalten und in niedrigere Verbindungen übergeführt. Diese in Lösung befindlichen niedrigen organischen Verbindungen werden aber nicht nur von chlorophyllfreien Mikrobien verwerthet, sondern sie dienen bei der stärkeren Verdünnung, in der sie vorhanden sind, auch Algen zur Nahrung, die sich deshalb in einem solchen Schmutzwasser in grosser Menge entwickeln. Daraus erklärt sich der starke Gehalt des Wassers an Sphaerotilus natans und Leptomitus lacteus. Die grosse Zahl der fäulnisliebenden niederen Thiere in dem Wasser bedarf wohl keiner besonderen Erklärung.

Durch die bacterielle Zersetzung der stickstoffhaltigen Substanz wird schliesslich Ammoniak gebildet, während der Schwefel als Schwefelwasserstoff abgespalten wird. Diese beiden Körper können sich dann zu Ammoniumsulfid verbinden. Andererseits kann der Schwefelwasserstoff mit den Eisenverbindungen eine Vereinigung zu Schwefeleisen eingehen. Der abgespaltene Schwefelwasserstoff oder der durch die Pflanzensäuren aus dem Schwefeleisen wieder in Freiheit gesetzte Schwefelwasserstoff dient anderen Mikroorganismen, unter denen speciell nachgewiesen wurden unter den Spaltalgen Ulothrix, unter den höheren Bacterienformen in grösserer Masse Beggiatoa alba und Spirillenformen, zur Nahrung und zwar wahrscheinlich zur Unterhaltung der Athmung derselben unter Verhältnissen, wo absorbirter Luftsauerstoff nicht zu Gebote steht. Der Schwefelwasserstoff wird nämlich in diesen Organismen durch das Protoplasma

Digitized by Google

derselben zu Schwefel in Körnern und dieser weiter zu Schwefelsäure oxydirt. Unter der schwarzen Schicht von Schwefeleisen beobachtete ich nur an wenigen Stellen eine feine weisse Schicht von Schwefel. Aus dieser Oxydation dürfte es sich erklären, dass unter Verhältnissen, unter denen absorbirter Sauerstoff vollständig ausgeschlossen ist, nicht nur chlorophyllfreie Pflanzen, wie Beggiatoa, sondern selbst chlorophyllhaltige, wie Ulothrix, dann leben können, wenn die Wasserschicht so dünn ist, dass das Licht noch eindringen kann. Eine derartige biologische Bildung von Schwefelsäure kann in Wässern stattfinden, in denen chemisch eine Oxydation ausgeschlossen scheint, und dieses dürfte wohl erklären, weshalb in dem schmutzigsten Abschnitte trotz der intensiven Reductionen von IV bis V der Gehalt an gelösten Sulfaten zugenommen hatte von 15,3 (IV) auf 24,82 (V). Der geringe Gehalt an Salpetersäure und die Abnahme der Nitrate illustrirt neben dem Sauerstoffverbrauch und dem Auftreten von Schwefelwasserstoff die Intensität der Reductionen. Die Anwesenheit von Wasserstoff und Methan wurde nicht direct ermittelt.

Es ist selbstverständlich, dass die durch die Lebensthätigkeit gebildeten chemischen Körper, Säuren und Alkalien, oxydirende oder reducirende Körper, ausserhalb der sie bildenden Pflanzen im Wasser mit dessen gelösten Bestandtheilen in Wechselwirkung treten und so neben den biologischen Umsetzungen auch secundäre chemische Umlagerungen bewirken. Gegenüber den biologischen Processen treten dieselben jedoch in den Hintergrund, und dies muss man berücksichtigen, wenn man die quantitativen Verhältnisse der chemisch nachweisbaren Körper in solchen Wässern richtig beurtheilen will.

Meines Wissens ist bis jetzt eine derartige Untersuchung, bei der die bacteriologische, mikroskopische und chemische Untersuchung in einer Hand lag und ganz einheitlich durchgeführt wurde, in der Literatur nicht vorhanden, während wir eine Reihe blos chemischer Untersuchungen und besonders von F. Cohn eine ausgedehnte Untersuchungsreihe über die mikroskopische Beschaffenheit von Abwässern von Zuckerfabriken

Digitized by Google

besitzen, die aber auf die Verhältnisse der anderen Untersuchungen keine Rücksicht nehmen.

Im vorliegenden Falle war zu den früher geschilderten Schädigungen noch Folgendes hinzugekommen. Es war mir angegeben worden, dass unter den Enten und Gänsen, die im Wasser gehalten wurden, öfter Seuchen mit starker Mortalität beobachtet wurden. Es lag nahe, an Erkrankungen vom Charakter der Hühnercholera zu denken. Die von mir angestellten Thierversuche ergaben damals ein rein negatives Resultat.

Hygienisch ist Folgendes noch sehr interessant, weil darüber in der Literatur keine positive Angabe vorliegt.

Es wird vielfach ein Fall aus zweiter Hand citirt[1]), in dem angeblich in einer Mühle durch den Geruch von Schwefelwasserstoff der Betrieb unmöglich geworden sein soll. Angeblich war das Mühlrad mit fein vertheiltem Schwefel bedeckt, Metallgegenstände wurden geschwärzt und selbst Erkrankungen durch H_2S beobachtet, und das Mehl soll penetranten Geruch angenommen haben. In dem Originale[2]) habe ich jedoch nur die Möglichkeit erörtert, aber nicht diese Thatsache selbst erwähnt gefunden. Wolff erwähnt eine Schleimschicht am Gerinne und auf den Rädern der Mühle, penetranten Geruch in der Radkammer (Verstäuben des Wassers!) und sagt wörtlich: »auch steht wohl zu fürchten, dass das Mehl namentlich bei längerer Aufbewahrung durch Aufnahme der üblen Gase leidet«.

In dem vorliegenden Falle war es jedoch so, dass beim Zerstäuben des Wassers durch das Mühlrad der Geruch nach Schwefelwasserstoff so stark und die Ausbreitung des Gases eine so intensive wurde, dass das Mehl den Geruch annahm. Aus diesen Gründen wurde die Mühle von den umliegenden Dörfern nicht mehr beschickt und der Betrieb der Mühle musste wegen des Geruches von Schwefelwasserstoff aufgegeben werden. Man wird dieses sofort begreifen, wenn ich nochmals darauf hin-

1) Eulenberg, Handbuch der Gewerbe-Hygiene, 1876, S. 502.

2) Wolff, Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin, 19. Bd., 1873, S. 342 bzw. 348.

Digitized by Google

weise, dass sowohl der Schlossteich als der Mühlteich direct keinen Geruch nach Schwefelwasserstoff erkennen liessen, dass aber an den Ueberfällen beider Teiche infolge des Zerstäubens des Wassers ein intensiver Geruch nach Schwefelwasserstoff vorhanden war, der in den Wässern selbst übrigens chemisch sicher nachgewiesen wurde und auch beim Erwärmen und Schütteln durch den Geruch wahrnehmbar war.

Die Klärung der Abwässer von Zuckerfabriken erfolgt bis jetzt vorwiegend mit Kalkmilch, wobei drei Einwirkungen beabsichtigt sind: 1. als Calciumhydroxyd soll der Kalk fäulniswidrig wirken und dadurch auch die Entwickelung von üblen Gerüchen verhindern, die bei nicht desinficirten Zuckerabwässern eine Gegend weithin verpesten können; 2. der aus dem Calciumhydroxyd unter der Einwirkung von Kohlensäure sich bildende kohlensaure Kalk soll durch die Bildung von Niederschlägen mechanisch klärend wirken; 3. kommt in Betracht, dass der Kalk chemisch Säuren, aber auch Schwefelwasserstoff bindet und so gegen die Gerüche ankämpft.

Die erste Wirkung ist nur zu erreichen, wenn der Zusatz so stark ist, dass die Abwässer mit alkalischer Reaction abfliessen. Bei dem hohen Gehalte an organischen Stoffen tritt dann aber leicht eine theilweise Aufschliessung und Lösung derselben ein und die Wässer unterhalb enthalten dann oft mehr gelöste organische Stoffe als ohne Klärung.

Da auch bei genügend starkem Zusatze von Kalkmilch unter dem Einflusse der Kohlensäure bei langem Laufe des Abwassers sämmtlicher Kalk in Form von kohlensaurem Kalke erscheint, der sich zu Boden setzt, so hört bald jede desinficirende Wirkung des Kalkes auf und der kohlensaure Kalk wirkt durch Erhalten einer neutralen Reaction erst recht fäulnisbegünstigend. Dieses ist um so mehr der Fall, als die Menge der gelösten organischen Stoffe oft zunimmt.

Auch die rein chemische Wirkung der Kalkmilch ist eine durchaus ungenügende, und eine vollständige Bindung von Schwefelwasserstoff wird damit nicht erreicht. Sollte eine Klärung mit Kalkmilch bei langem Laufe der Abwässer und der

Digitized by Google

die Abwässer aufnehmenden Bäche einen durchgreifenden Erfolg haben, so müsste in einiger Entfernung wiederum eine Klärung bewirkt werden, bis eine genügende Verdünnung mit reineren seitlichen Zuflüssen möglich wäre.

Die Niederschläge von kohlensaurem Kalk, die sich allmählich im Bachbette bilden, sorgen ausserdem dafür, dass eine Nachwirkung der Campagne eintritt und selbst in der freien Zwischenzeit eine spontane Reinigung derartig verunreinigter Bachbette nicht zu Stande kommt.

Die Klärung der Abwässer mit Kalkmilch muss demnach als eine ganz ungenügende bezeichnet werden und stellt keine Lösung der Frage dar.

Die Mitanwendung von Metallsalzen neben der Kalkmilch, welche aus chemischen Gründen angerathen wurde, verbessert das Resultat in Bezug auf die Klärung gar nicht, verschlechtert es jedoch noch in Bezug auf die Desinfectionswirkung.

Unter diesen Umständen dürfte es endlich an der Zeit sein, die Klärung der Abwässer von Zuckerfabriken systematisch in Angriff zu nehmen. Nachdem wir in der Klärung der städtischen Abfallswässer in den letzten Jahren durch die biologisch-sedimentirenden Verfahren und durch das Kohlebreihumusverfahren entschiedene Fortschritte zu verzeichnen haben, erscheint es nicht mehr aussichtslos, auch die unangenehmen Zuckerabwässer in besserer Weise zu reinigen.

Bei der Kostspieligkeit dieser Arbeiten ist es dem einzelnen Forscher unmöglich, mit Laboratoriumsmitteln die nöthigen Versuche zu machen, und es wäre wohl an der Zeit, dass die interessirten industriellen Kreise in ähnlicher Weise derartige Arbeiten förderten, wie es die landwirthschaftlichen Verbände schon in anderen Fragen gethan haben. Bei dem absoluten Indifferentismus der Industrie in Oesterreich sollten wenigstens die deutschen Zuckerindustriellen dieser Frage näher treten.

Der Staat kann auf jeden Fall nicht dulden, dass die Zuckerfabriken zu einer sanitären Gefahr für die Umgebung werden, trotzdem sie als kräftige Steuerträger zweifellos manche Berücksichtigung verdienen. Eine solche Duldung wäre eine

Digitized by Google

höchst sonderbare Auffassung über Förderung der Industrie. Das öffentliche Wohl bleibt immer übergeordnet.

Das einzige Verfahren, welches zur Zeit etwas leistet, ist die Rieselung. Aber dies ist auch keine vollständige Lösung, weil die Zuckerfabriken in der Regel nur im Spätherbst und Winter arbeiten, so dass eine Ausnützung der Rieselflächen durch Vegetationen nicht in Betracht kommt. Ausserdem fällt bei der Berieselung in's Gewicht, dass die Wässer einer Vorreinigung durch Fäulnis unterzogen werden müssen, ehe sie zur Berieselung verwerthet werden können, und damit wird die Unannehmlichkeit der intensiven Fäulnis dieser Wässer nur localisirt, aber nicht behoben.

Digitized by Google

Ueber die Einwirkung von Kochsalz auf Bacterien, die bei den sog. Fleischvergiftungen eine Rolle spielen.

Von

Eduard Stadler,

appr. Arzt aus Bremen.

(Aus dem Institut für Hygiene und Bacteriologie an der Universität Strassburg.)

Veranlasst durch die Erstattung eines Gutachtens über die Frage, ob gesalzenes und geräuchertes Fleisch einer amtlichen Beschau in ebenso ausgedehnter Weise wie frisches Fleisch unterworfen werden sollte, führten Prof. Forster und de Freytag[1]) im Laufe des Jahres 1889 Versuche aus über den Einfluss gesättigter Kochsalzlösungen auf verschiedene pathogene Bacterien und besonders auf solche, die als Erreger von Krankheiten unserer Hausthiere eine hervorragende Rolle spielen und durch den Genuss kranken Fleisches gegebenen Falls auf den Menschen übertragen werden könnten. Die Beantwortung dieser Frage war vom sanitären Standpunkte aus um so dringender geboten, als das Kochsalz von Alters her für ein kräftiges Desinficiens gehalten, dagegen von Koch[2]) in seiner grundlegenden Arbeit über Desinfection als eine selbst in concentrirten Lösungen den Bacterien gegenüber verhältnissmässig wenig oder gar nicht schädliche Substanz bezeichnet wurde. Die erwähnten, in systematischer Weise angestellten Versuche ergaben denn auch für die meisten zu den Beobachtungen herangezogenen

1) de Freytag, Ueber die Einwirkung concentrirter Kochsalzlösungen auf Bacterien. Arch. f. Hyg., Bd. XI, 1.

2) R. Koch, Ueber Desinfection. Mittheilungen a. d. kais. Gesundheitsamte, 1881, Bd. I.

Digitized by Google

Bacterien einen hohen Grad von Resistenz gegen Kochsalz; nur die Cholerabacillen und die vegetativen Formen des Milzbrandbacillus wurden nach relativ kurzer Zeit durch die Einwirkung des Kochsalzes abgetödtet.

Im Laufe des letzten Jahrzehnts ist beim Auftreten von Massenerkrankungen nach Genuss infectiösen Fleisches in diesem eine Reihe von Bacterien gefunden und beschrieben worden, die fast sämmtlich dem Bacterium coli commune ähnliche Eigenschaften aufweisen und wohl als Rassen ein und desselben Organismus aufzufassen sind. In der Arbeit de Freytag's sind nun keine Versuche mit Bacterien, die zu dieser Gruppe gehören, angestellt worden. Ihr häufiges Vorkommen bei den sog. Fleischvergiftungen lässt aber die Frage nicht unwichtig erscheinen, ob diese Bacterien in Kochsalzlösungen, wie sie bei den verschiedenen Pökelverfahren angewandt werden, eine Schädigung erfahren, ob also Fleisch, welches Bacterien dieser Art enthält, durch den Pökelprocess seine gesundheitsschädlichen Eigenschaften verliert. Ich folgte daher gerne einem Auftrage von Prof. Forster, in dieser Richtung eine Reihe von Versuchen anzustellen.

Zunächst muss erwähnt werden, dass die Art des Pökelns in verschiedenen Ländern und für verschiedene Fleischsorten und -Stücke eine sehr ungleiche ist. In Nordwestdeutschland reiben die Bauern zu pökelndes Schweinefleisch so kräftig mit Salz ein — die Schinken unter Zusatz geringer Mengen Salpeter zum Kochsalz —, bis kein Salz von dem Fleische mehr aufgenommen wird. Die Schinken werden dann zu unterst in das Pökelfass gelegt, dessen Boden vorher dünn mit Salz bestreut ist, darauf die übrigen Fleischstücke fest geschichtet und lagenweise Salz dazwischen gegeben, zu oberst kommen die Speckseiten; das Fleisch bleibt 8 bis 14 Tage im Salze liegen.

Auf diese Weise behandeltes Fleisch ist trocken, ohne einen unangenehm salzigen Geschmack zu haben. Infolge der starken Wasserentziehung durch das kräftige Einreiben der Stücke mit Kochsalz ohne Wasserzugabe u. s. w. verliert das Fleisch bedeutend an Gewicht; das käufliche Pökelfleisch wird daher

Digitized by Google

zur Vermeidung dieses Verlustes von den Metzgern in der Stadt gewöhnlich anders behandelt. Hier werden die nur schwach mit Salz eingeriebenen Schinken in Tonnen geschichtet und mit einer Salzwasserlösung übergossen. Den Kochsalzgehalt derselben bestimmte ich bei zwei verschiedenen Händlern auf 26,9 bezw. 25,4 %[1]). Die Schinken bleiben 3 bis 5 Wochen von dem Salzwasser völlig bedeckt im Fasse liegen, während welcher Zeit der Salzgehalt des Pökelwassers infolge der Aufnahme von Kochsalz und Abgabe von Wasser seitens des Schinkens bedeutend sinkt. So bestimmte ich den NaCl-Gehalt von 3½, bezw. 4 Wochen alter Salzlake auf 14,6, bezw. 16,1 %. Vielfach ist es dann Sitte, in die alte, bereits für die Schinken benutzte Pökellake, ohne weiteres Zugeben von Salz, Speckseiten und Rippstücke einzulegen, so lange bis die Lake erfahrungsgemäss infolge ihres geringen Kochsalzgehaltes für nicht mehr genügend erachtet wird.

Ein anderes Verfahren wird, wie Prof. Forster mir erzählte, in den Dörfern Südbayerns, in der Gegend des Bodensees geübt. Das Schlachten wie die Behandlung des Fleisches wird daselbst von einem Gemeindemetzger besorgt, der nacheinander auf den einzelnen Gehöften schlachtet. Das zu pökelnde Schweinefleisch, Schinken sowohl wie Schulterstücke und Speckseiten, wird mit Salz bestreut lagenweise in einem Fasse fest aufgeschichtet. Nach ungefähr 3 Wochen Liegezeit sind die kleineren Fleischstücke genügend gesalzen und kommen in die Räucherkammer, die Schinken jedoch werden dem Nachbar gebracht, der an dem betreffenden Tage frisch einsalzt, und nun zu unterst in dessen Pökelfass gelegt. Dieselben machen daher die ganze Procedur zweimal durch, ein nicht zu unterschätzender Vortheil, da etwaige Keime, die sich in der ersten, nur noch wenig Kochsalz haltenden Salzlake entwickelt haben könnten, durch die frische Salzlösung mit dem hohen Kochsalz-

1) 10 ccm Pökellake wurden mit dest. Wasser bis zu 100 ccm aufgefüllt. 5 ccm dieser Verdünnung, also 0,5 ccm der ursprünglichen Pökellake erforderten 23 ccm $^1/_{10}$ Norm.-Silbernitratlösung = 0,1345 g NaCl; folglich in 1 ccm Lake = 0,2690 g und in 100 = 26,90 g NaCl.

Digitized by Google

gehalte in ihrer Weiterentwicklung sicher gehemmt werden, wie unsere Versuche ergeben werden.

Andere Zubereitungsweisen des Pökelfleisches unterscheiden sich besonders durch bestimmte Zusätze zur Pökellake und durch die Dauer der Zeit, während welcher das Fleisch dem Salzen und dem nachfolgenden Räuchern ausgesetzt wird. So wird z. B. zur Herstellung des berühmten Hamburger Rauchfleisches ein Stück Rindfleisch von 6 bis 8 Pfund mit einem Gemisch von 250 g Salz, 10 g Salpeter, 30 g Zucker und $^1/_2$ Glas Rothwein eingerieben, in dieser Lake drei Tage liegen gelassen und häufig mit dem herausfliessenden Safte begossen; später wird es 8 Tage lang geräuchert. Bremer »Nagelholz« wird in der Weise zubereitet, dass ein Stück Rindfleisch einige Minuten in kochendes Wasser gehalten, dann mit viel Salz, etwas Zucker und wenig Salpeter von allen Seiten eingerieben, und in diesem Zustande einen Tag in die Luft und weitere acht Tage in den Rauch gehängt wird.

Das von Fruth[1]) angegebene Verfahren der Schnellpökelung, bei welchem Kochsalz unter einem Drucke von zwanzig Atmosphären in einen zur einen Hälfte mit Fleisch, zur anderen Hälfte mit Kochsalzlösung gefüllten, luftdicht verschliessbaren eisernen Kessel eingepumpt wird, sowie das Pökelverfahren Morgan's[2]), der eine Salzlake von bestimmter Zusammensetzung unmittelbar nach dem Tode des Schlachtthieres mittels Trokar durch den linken Herzventrikel in die vorher blutleer gemachten Gefässe injicirte, haben praktisch keine Bedeutung erlangt.

In der Praxis wird also beim Pökeln des Fleisches das Kochsalz in concentrirter Form bis zu Lösungen von ungefähr 6 bis 8% und weniger herab angewandt — der Zusatz von Salpeter und Zucker dient nur zur Erhaltung der rothen Fleischfarbe und ist bei den geringen Mengen, die in Anwendung

1) W. Fruth, Wie kann finniges und trichinöses Fleisch für den menschlichen Genuss unschädlich gemacht werden? Inaugural-Dissertation, München 1880.

2) Citirt nach Schmidt's medicinischen Jahrbüchern, Bd. 162. (Conservirung der Nahrungsmittel von L. Perl.)

Digitized by Google

kommen, hygienisch und bacteriologisch ohne weitere Bedeutung.

Von den Erfahrungen Prof. Forster's und de Freytag's ausgehend, nach denen der grösste Theil der von ihnen beobachteten Bacterien sich dem reinen Kochsalz gegenüber sehr resistent erwies, stellte ich mir zunächst die Aufgabe, die Zeit zu bestimmen, innerhalb welcher die, bei den sog. Fleischvergiftungen gefundenen Bacterien durch die Einwirkung von concentrirten Kochsalzlösungen abgetödtet wurden. Nebenbei wurde für die gleiche Frage das Verhalten einiger Mikroorganismen geprüft, die mancherlei Aehnlichkeiten mit dem Bacterium coli zeigen, und schliesslich fanden die Untersuchungen de Freytag's für die Erreger des Typhus und der Diphtherie, sowie für den Staphylococcus eine Wiederholung.

Wie bereits erwähnt, erstreckten sich die Versuche de Freytag's im wesentlichen nur auf die Feststellung der Zeit, innerhalb welcher verschiedene Bacterien durch concentrirte Kochsalzlösungen eine Abtödtung erfuhren. In Kürze will ich die Versuchsanordnung und die Resultate hier wiedergeben. Kräftige Culturen von Typhoidbacillen, Bacillen des Schweinerothlaufs, Cholerabacillen, Eiterstaphylococcen, Erysipelcoccen, Tuberkelbacillen, von sporenhaltigen Milzbrandbacillen und von Diphteriebacillen, jede Art auf dem ihr am meisten zusagenden Nährmaterial gezüchtet, wurden mit Kochsalz bedeckt, bezw. die flüssigen Nährmedien mit Kochsalz gesättigt, und zu bestimmten Zeiten Ueberimpfungen von diesen Culturen auf gewöhnliche Nährböden — 10proc. Nährgelatine, Agar oder Löffler'sche Bouillon — gemacht. Zur Prüfung der Resistenz der vegetativen Formen des Bacillus anthracis wurden Leber und Milz von Versuchsthieren, die nachweislich an Milzbrand zu Grunde gegangen waren, eingesalzen, und nach Verlauf verschieden langer Zeiten theils durch Ueberbringen auf Nährböden, theils durch Impfung von Versuchsthieren das Verhalten des Bacterienmaterials controlirt. Das gleiche Verfahren wurde auch zur Beobachtung von Tuberkelbacillen eingeschlagen, die im Sputum eines Phthisikers und in Perlsuchtknoten tuberculöser Rinder vorhanden waren;

Digitized by Google

Sputum und die perlsüchtigen Organe wurden mit Salz bedeckt, und die Virulenz der Bacterien durch Impfung von Versuchsthieren nachgewiesen.

Als Ergebnisse ihrer Versuche fanden Prof. Forster und de Freytag, dass unter dem Einflusse von concentrirten Kochsalzlösungen zu Grunde gehen:

Milzbrandbacillen	nach zwei Stunden,
Sporen der Milzbrandbacillen	noch nicht nach 6 Monaten,
Typhoidbacillen	nach stark 5 Monaten,
Bacillen des Schweinerothlaufs	nach stark 2 Monaten,
Cholerabacillen	nach 6 bis 8 Stunden,
Erysipelstreptococcen	noch nicht nach 2 Monaten,
Eiterstaphylococcen	nach stark 5 Monaten,
Tuberkelbacillen	noch nicht nach 3 Monaten,
Diphtheriebacillen	noch nicht nach 3 Wochen.

Da nach diesen Ergebnissen einander ziemlich nahestehende Bacterien ein ungleiches Verhalten gegenüber der Einwirkung von Kochsalz zeigen, so war es nicht ausgeschlossen, dass die verschiedenen bei den Fleischvergiftungen gefundenen Arten, auch wenn sie zu ein und derselben Bacteriengruppe gehörten, ebenfalls ungleiche Resultate liefern würden. Unsere Untersuchungen über die Resistenz gegen Kochsalz erstrecken sich deshalb auf das Bacterium coli commune, den Bacillus enteritidis Gärtner und den Bacillus morbificans bovis Forster-Basenau; ihnen wurde noch der ebenfalls bei gewissen Fleischvergiftungen gefundene Proteus vulgaris Hauser angereiht.[1])

Die Anordnung unserer Versuche ist eine ähnliche wie diejenige de Freytag's; der Hauptunterschied liegt wohl darin, dass keine Virulenzprüfungen der Bacterien an Versuchsthieren,

1) Die Prüfung des Bacillus botulinus van Ermengem, dessen Verhalten in schwächeren Kochsalzlösungen schon theilweise von van Ermengem selbst studirt worden ist (s. unten), musste zu unserem Bedauern unterbleiben, weil die im hiesigen Laboratorium vorhandenen Culturen sich zu der Zeit, da die obigen Untersuchungen ausgeführt wurden, als nicht lebensfähig erwiesen.

Digitized by Google

sondern lediglich Controlimpfungen auf gewöhnliche Nährböden ausgeführt worden sind. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass Reinculturen der Bacterien auf Agar, die nach fünf- bis sechstägigem Wachsthum bei Bruttemperatur auf dem Nährboden einen dicken Rasen gebildet hatten, mit chemisch reinem, fein gepulvertem, sterilisiertem Kochsalz so bestreut wurden, dass die Colonien vom Kochsalze in dünner Schicht bedeckt, also gewissermaassen eingepökelt waren. Zur Controle dieser Versuchsreihe wurden weiterhin von denselben Culturen entstammenden Bacterien Reinculturen in gewöhnlicher Löffler'scher Bouillon, ungefähr 10 ccm im Reagensglase, angelegt, und diese gleichfalls nach sechstägigem Wachsthum bei 37°C. mit Kochsalz gesättigt, so dass ein kräftiger Bodensatz von Salz durch die ganze Dauer der Versuchszeit sich erhielt. Sämmtliche Culturen wurden nach dem Einsalzen, vor Licht und grösseren Temperaturschwankungen geschützt, bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

Was die Methode der Untersuchung anbelangt, so will ich zunächst mehrere bei allen Bacterien in fast gleicher Weise angewandte Einzelheiten meines Verfahrens angeben, um bei der Beschreibung der Einzelversuche allzuhäufige Wiederholungen zu vermeiden. Die Ueberimpfungen aus den Salzculturen führte ich anfangs in Zwischenräumen von zwei Tagen, später in mehrtägigen Intervallen aus, und zwar während der ersten zwei Wochen des Versuches in Form von Strichculturen auf 10proc. Gelatine, weiterhin, als sich bei einigen Bacterien eine bedeutende Verminderung des Wachsthums zeigte, in Erlenmeyer'sche Kölbchen mit 25 ccm Löffler'scher Bouillon Inhalt. Letztere Methode war schon deshalb vortheilhafter, weil hiebei das Kochsalz, dessen Uebertragung in geringen Quantitäten bei der Ueberimpfung ja nicht zu vermeiden war, eine starke Verdünnung erfuhr. In der gleichen Absicht wandte ich anfangs bei den Gelatinestrichculturen die fractionirte Impfung an und vermied dadurch auch eine Verflüssigung der Gelatine durch Ueberbringung zu reichlicher Mengen Kochsalzes. Von den überimpften Bouillonculturen wurden stets zur Controle der Reinheit Gelatinestriche angelegt, und diese sowohl wie die direct von

Digitized by Google

den Salzculturen aus gemachten Gelatinestriche makroskopisch und häufig auch mikroskopisch einer genauen Untersuchung auf Verunreinigungen hin unterzogen.

Vorausschicken will ich noch, dass ich, wie erwähnt, von einer Prüfung der Virulenz meiner Bacterienarten durch den Thierversuch absah, dass ich jedoch, um sicher mit frischem Material zu arbeiten, die theils schon mehrere Wochen alten Culturen der hiesigen Sammlung durch vier Tage nacheinander fortgesetztes Ueberimpfen in Bouillon auffrischte.

Nach diesen Vorbemerkungen gehe ich nunmehr zur Beschreibung der Einzelversuche über.

I. Bacterium coli commune.

Von den drei Coliarten, die ich zu den Versuchen heranzog, stammt das in der hiesigen Sammlung als Coli S bezeichnete ursprünglich von einer beim Menschen beobachteten Peritonitis und ist seit ungefähr 1 bis $1^1/_2$ Jahren als Reincultur hier fortgezüchtet worden. Die 2. Coliart wurde vor Kurzem aus menschlichen Faeces gezüchtet, die 3. war aus einer verendeten Ratte gewonnen, die in das hiesige Institut zur Feststellung der Todesursache eingeliefert war. Alle 3 Arten zeigten das typische Wachsthum auf den verschiedenen Nährböden; die Prüfung auf Gasentwicklung in Traubenzuckerbouillon, sowie die Nitrosoindolreaction fielen positiv aus. Während der ersten 10 Tage nach dem Einsalzen zeigten die Bacterien noch eine normal zu nennende Entwicklung auf Gelatine; allmählich verlangsamte sich jedoch das Wachsthum, nach 16 Tagen erschienen die Colonien erst 48 bis 72 Stunden nach der Impfung und breiteten sich ganz erheblich langsamer aus, als es bei Bacterien der Fall ist, die von den gewöhnlich angewandten Nährböden stammen. Es war also entschieden eine Abschwächung der Wachsthumsenergie der Bacterien durch die Einwirkung des Kochsalzes zu bemerken. Nach 21 Tagen ergab die Gelatine-Impfung von der Salzagarcultur, welche mit der aus der Ratte gezüchteten Coliart beschickt war, ein negatives Resultat. Zwecks besserer Vertheilung des nothwendigerweise mit übergebrachten Kochsalzes

Digitized by Google

und auch um die Bacterien der Bruttemperatur aussetzen zu können, ihre Entwicklungsverhältnisse also möglichst günstig zu gestalten, wurden von nun an die Impfungen bei allen drei Coliarten statt auf Gelatine in 25 ccm Löffler'scher Bouillon gemacht. Doch auch hier zeigte das Coli aus der Ratte kein Wachsthum mehr, es hatte also eine Abtödtung derselben durch Kochsalz nach drei Wochen stattgefunden. Ein ähnliches Verhalten zeigte die mit Salz gesättigte Bouilloncultur dieser Coliart. Hier sistirte das Wachsthum nach der Ueberimpfung auf Gelatine bereits nach 16 Tagen. Am 17. Tage mit zwei Tropfen der Salzbouillon geimpfte Löffler'sche Bouillon (100 ccm) wurde noch nach drei Tagen getrübt; eine Controlcultur hievon auf Gelatine ergab eine Reincultur von Bacterium coli. In gleicher Art und Weise am 18. Tage nach dem Einsalzen geimpfte Löffler'sche Bouillon (100 ccm) blieb steril. Nun wurde der gesammte Inhalt der Salzbouillon in einen Erlenmeyer'schen Kolben mit 500 ccm Bouillon gegeben: dieselbe zeigte nach 8 Tagen noch keine Trübung; damit erscheint die Abtödtung der Bacterien gesichert und zwar in der eingesalzenen Bouilloncultur bereits nach 18 Tagen gegenüber 21 in der Agarcultur.

Sowohl die vorhin als Coli S bezeichnete wie auch die frisch aus menschlichen Faeces gezüchtete Art zeigen noch heute, $6\frac{1}{2}$ Wochen nach dem Einsalzen, bei Uebertragung in Löffler'sche Bouillon ein kräftiges, wenn auch etwas verlangsamtes Wachsthum in derselben.

Herr Prof. Forster hatte mehrere Monate vorher bereits einige Vorversuche über das Verhalten verschiedener, in Agarstrichculturen gezüchteten Coliarten gegenüber der Einwirkung des Kochsalzes gemacht und dabei auch das Coli S und dasjenige aus der Ratte herangezogen. Für beide constatirte er eine Entwicklung auf Gelatinestrich nach 6 bezw. 7 Tagen; eine weitere nach ungefähr $3\frac{1}{2}$ Monaten gemachte Impfung auf Gelatine blieb erfolglos. Die gleichen Resultate erzielte Herr Prof. Forster bei einer Colicultur, die aus der Peritonealflüssigkeit eines mit Coli geimpften Meerschweinchens gezüchtet war. Dagegen erwies sich ein anderes, aus menschlichen Faeces

gezüchtetes Bacterium coli noch 3½ Monate nach dem Einsalzen durch Entwicklung von Colonien auf Gelatine als nicht abgetödtet. Dem eventuellen Einwande gegenüber, dass die Bedeckung mit Kochsalz vielleicht keine vollkommene gewesen sei, führe ich gleich hier an, dass sich auf der Agarcultur eine dicke, glatte Salzkruste gebildet hatte. Diese Kruste wurde, um jetzt, neun Monate nach dem Einsalzen, das Verhalten der Coliart zu prüfen, mittels Löffler'scher Bouillon aufgelöst und diese Bouillon, nachdem sie eine Zeit lang mit der vom Salze nunmehr befreiten Oberfläche der Agarcultur in Berührung gewesen war, in einen Erlenmeyer'schen Kolben mit 500 ccm Bouillon Inhalt geschüttet. Es trat in den nächsten 14 Tagen keine Trübung der Bouillon ein, die Colicultur war also nunmehr unter dem Kochsalze abgetödtet gewesen.

Auf die Frage, worauf das verschiedene Verhalten der Coliarten dem Kochsalz gegenüber zu beziehen sein könnte, will ich hier nicht näher eingehen, da es vom eigentlichen Thema zu weit abführen würde. Unter dem Sammelnamen des Bacterium coli ist eine ganze Anzahl von Rassen begriffen, die in vielen culturellen und morphologischen Eigenschaften gleich oder sehr ähnlich sind, in manchen, besonders den biologischen, dagegen nicht unbedeutend von einander abweichen; ich erwähne nur das Verhalten von Colibacterien verschiedener Herkunft bei der Agglutinationsprüfung, eine Frage, die vor Kurzem im hiesigen bacteriologischen Institute durch den, einer fruchtbaren wissenschaftlichen Thätigkeit durch frühzeitigen Tod entrissenen Dr. Sidney Wolf[1]) einem eingehenden Studium unterzogen wurde. Fünf Thierversuche ergaben die auffallende Thatsache, dass „die Sera der verschiedenen Thiere nur gegen denjenigen Colistamm agglutinirten, mit welchem sie geimpft worden waren." Zu ähnlichen Resultaten gelangte Wolf bei der Prüfung von Colibacterien, die beim Menschen beobachteten Affectionen entstammten.

1) Sidney Wolf, Beiträge zur Lehre der Agglutination, mit besonderer Bezugnahme auf die Differencirung der Coli- und Proteusgruppe und auf die Mischinfection. Als Manuskript gedruckt. Strassburg 1898.

2. Bacillus enteritidis Gärtner.

Der Entdeckung und ersten eingehenden Beschreibung des Bacillus enteritidis durch Gärtner, der denselben als Erreger einer Fleischvergiftungsepidemie in Frankenhausen a. Kyffh. im Jahre 1888 isolirte, ist eine Reihe von Litteraturangaben gefolgt, in denen ähnliche Befunde in klinischer und bacteriologischer Beziehung festgestellt wurden. Zu meinen Versuchen benutzte ich eine Enteritidiscultur, die schon seit einiger Zeit im Institut auf Gelatine weitergezüchtet war. Vor Beginn der Versuche wurden einige Eigenschaften der Cultur geprüft; Traubenzuckerbouillon wurde unter Gasbildung vergährt, Milch coagulirt, Indolbildung war nicht nachzuweisen.

Von der 3. Woche ab nach dem Einsalzen fiel mir, wie ich beim Bacterium coli bereits kurz erwähnte, beim Bacillus enteritidis und auch bei fast allen noch zu beschreibenden Bacterien die Erscheinung auf, dass die Colonien auf den Gelatinestrichen allmählich immer längere Zeit zu ihrer Entwicklung nöthig hatten, und später auch das Eintreten der Trübung in der Bouillon 3 bis 5, ja sogar bis zu 8 Tagen auf sich warten liess. Fernerhin beobachtete ich, dass die in der Bouillon gebildete Cultur eine ungemein zähe und dicke Masse darstellte, wie ich sie bei ungeschwächten Culturen nie gesehen habe.

Die erste resultatlos verlaufende Ueberimpfung von den eingesalzenen Bouillon- und Agarkulturen aus fand ungefähr $4^1/_2$ Wochen nach der Beschickung mit Salz statt. Auch in der Folgezeit ausgeführte Impfungen mit grösseren Bouillonmengen zeigten keine Entwicklung im frischen Nährmedium. Der Bacillus enteriditis war also nach Verlauf von $4^1/_2$ Wochen durch das Kochsalz abgetödtet.

3. Bacillus morbificans bovis.

Die zu den Versuchen verwandte Cultur dieses Bacillus war seit Jahren im hiesigen Institute gezüchtet; für dieselbe trafen die von Basenau[1]) eingehend beschriebenen Eigen-

1) F. Basenau, Ueber eine im Fleisch gefundene infectiöse Bacterie. Arch. f. Hyg., Bd. XX, 1894.

schaften des Morbificans sämmtlich zu. Da Basenau[1]) in seiner Abhandlung über die Geschichte der Fleischvergiftungen ein Absterben des Bacillus morbificans durch die Einwirkung concentrirter Kochsalzlösungen bereits nach 4 Tagen für Bouillonculturen, nach 11 für Agarstrichculturen angibt, so führte ich in der ersten Zeit bei diesem Bacterium häufigere Ueberimpfungen aus, um eine möglichst genaue Grenzzeit der Lebensfähigkeit unter den Versuchsbedingungen zu erhalten. Entgegen Basenau fand ich den Morbificans jedoch bei einer 20 Tage nach der Salzbedeckung ausgeführten Impfung von der Salzagarcultur noch in Bouillon entwicklungsfähig; die am 22. Tage gemachte Impfung war die erste, welche ein negatives Resultat ergab, desgleichen verliefen spätere Uebertragungen in Bouillon erfolglos. Aus der Kochsalzbouillon entnommene Bacterien erwiesen sich 16 Tage nach dem Einsalzen noch lebens- und entwicklungsfähig; die erste erfolglose Impfung stammte hier vom 19. Tage; auch später mit grösseren Mengen Material geimpfte Löffler'sche Bouillon (250 ccm) blieb steril.

Der Bacillus morbificans erwies sich also nach meinen Versuchen durch die Einwirkung von Kochsalz nach ungefähr drei Wochen abgetödtet.

Die Verschiedenheit der Resultate Basenau's gegenüber den meinigen beruht vielleicht darauf, dass Basenau weniger kräftig entwickelte Culturen mit Salz bedeckte, als es bei meinen Versuchen der Fall war. Es ist ja eine bekannte Thatsache, dass die antibacterielle Wirkung einer chemischen Substanz ausser von verschiedenen anderen Factoren wie Concentration, Dauer der Wirkung, Temperatur u. s. w., besonders von der Zahl und der Lebenskräftigkeit der Keime abhängt, welche dem chemischen Agens ausgesetzt sind, ein Punkt, der in diesem Falle gewiss Berücksichtigung verdient und den ich später noch besprechen werde.

1) F. Basenau, Weitere Beiträge zur Geschichte der sog. Fleischvergiftungen. Arch. f. Hyg., Bd. XXXII, 1898.

Digitized by Google

4. Bacillus Proteus vulgaris Hauser.

Obgleich der Proteus nicht zu den Erregern der typischen sogen. Fleischvergiftungen zu rechnen ist, da er sich auf dem Fleische erst postmortal ansiedelt und dann den Zustand »des Verdorbenseins« des Fleisches hervorruft, so muss ich ihn doch in den Kreis dieser Betrachtungen hineinziehen, weil er bereits mehrfach als Veranlasser von Krankheitserscheinungen beschrieben worden ist, die auf den Genuss abnormalen Fleisches folgten. Die zu meinen Versuchen verwendete Cultur war von mir kurz vorher aus faulem Fleisch gezüchtet und erwies sich als Reincultur des Proteus vulgaris. Leider wurden die Abtödtungsversuche mit dem Proteus später als mit den übrigen Bacterien begonnen. Die bis heute ausgeführten Impfungen aus der eingesalzenen Proteusbouilloncultur auf Agarstriche ergaben das Resultat, dass der Proteus vulgaris durch concentrirte Kochsalzlösungen nach 3 Wochen noch nicht abgetödtet war.

In gleicher Weise wie bei den Fleischvergiftungsbacterien führte ich nebenbei Versuche mit Typhus- und Diphtheriebacillen, mit dem Staphylococcus, dem Bacterium aerogenes lactis und mit Pestbacillen aus. Letztere beiden zog ich mancher coliähnlichen Cultur-Eigenschaften halber zu den Versuchen heran.

5. Typhusbacillus.

Die von mir benutzte Cultur war bereits seit einiger Zeit im hiesigen Institute auf künstlichen Nährböden gezüchtet. Die Impfungen von der Salzagarcultur aus ergaben bis heute, $1/_2$ Monate nach der Bedeckung mit Salz, positive Resultate; dagegen erwies sich die eingesalzene Bouilloncultur, in welcher über dem, am Boden des Culturröhrchens befindlichen Kochsalzüberschuss eine dicke, wolkenartig sich abhebende Bacterienmasse lagerte, selbst beim Ueberbringen der ganzen, schliesslich noch übrigen Menge — ca. 6 ccm — in 500 ccm Löffler'scher Bouillon nach $4^1/_2$ Wochen als abgetödtet. Die bei den erwähnten Vorversuchen von Herrn Prof. Forster angelegte

Digitized by Google

Salzagarcultur der Typhusbacillen zeigte bei einer $3^1/_2$ Monate nach dem Einsalzen ausgeführten Impfung kein Wachsthum mehr. Demgegenüber steht das Resultat de Freytag's, das von Behring[1]) bestätigt wird, demzufolge die Typhusbacillen erst nach stark 5 Monaten durch Kochsalz zum Absterben gebracht werden. Ob die Ungleichheit dieser Ergebnisse auf die mehr oder minder starke Entwicklung der Culturen vor dem Einsalzen zurückzuführen ist, will ich dahingestellt sein lassen.

6. Diphtheriebacillen.

Die Ueberimpfungen aus den Salzculturen machte ich bei dem Diphtheriebacillus stets auf Löffler'sches Blutserum als dem, den Bacterien am meisten zusagenden Nährboden, auf welchem gleichzeitig die Reinheit der Cultur durch das typische Wachsthum schon makroskopisch festzustellen war. Beide Salzculturen lieferten beim Abschluss der Versuche nach $4^1/_2$ Wochen noch positive Resultate. Die unter Prof. Forster's Vorversuchen befindliche Diphtheriecultur erwies sich bei einer 3 Monate nach der Salzbedeckung gemachten Impfung als abgetödtet.

7. Staphylococcus pyogenes aureus.

Die kurz vor Beginn der Versuche aus Abscesseiter frisch gezüchteten Culturen erwiesen sich bei Schluss der Versuchsreihe, 6 Wochen nach dem Einsalzen, noch lebens- und entwicklungsfähig. de Freytag fand seine Staphylococcenculturen nach stark 5 Monaten abgetödtet.

8. Bacterium aerogenes lactis.

Die Agarcultur ergab $4^1/_2$ Wochen nach der Bestreuung mit Kochsalz das erste negative Resultat; die eingesalzene Bouilloncultur, die eine zähflüssige, schleimige Masse darstellt, zeigt eine bedeutend verzögerte Entwicklung in der controlierenden Bouillon, ist jedoch noch heute, 6 Wochen nach dem Einsalzen, lebensfähig.

1) Behring, Ueber Desinfection, Desinfectionsmittel und Desinfectionsmethoden. Zeitschr. f. Hyg. u. Infectionskrankh., 1890, Bd. IX.

Digitized by Google

9. Pestbacillen.

Die Pestculturen wurden ihres langsamen Wachsthums halber erst nach achttägiger Entwickelung bei Bruttemperatur als genügend kräftig zum Einsalzen erachtet. Die Agarcultur ergab bereits bei der zweiten Ueberimpfung, die 5 Tage nach der Bedeckung mit Salz ausgeführt war, ein negatives Resultat; die Impfungen aus der Bouilloncultur fielen am 4. Tage nach dem Salzen noch positiv, am 7. dagegen negativ aus, wie auch alle späteren Controlimpfungen. Um sicher zu gehen, wurde 16 Tage nach dem Einsalzen die gesammte mit Kochsalz behandelte Bouilloncultur in einen Erlenmeyer'schen Kolben mit 500 ccm Bouillon geschüttet; die Bouillon trübte sich, eine Controlimpfung aus derselben auf Gelatine liess deutlich typische Pestcolonien erkennen. Der Pestbacillus erwies sich also in concentrirter Kochsalzlösung nach 16 Tagen als noch nicht abgetödtet.

Stellen wir die Ergebnisse aller Versuche tabellarisch zusammen, so sehen wir, dass unter dem Einflusse von concentrirten Kochsalzlösungen bezw. von Kochsalz in Substanz abgetödtet werden.

Tabelle I.

Name des Bacterium	Abtödtung erfolgt
Bact. coli commune S	noch nicht nach 6 Wochen
Bact. coli commune aus Fäces .	noch nicht nach 6 Wochen
Bact. coli commune aus Ratte .	nach 3 Wochen
Bacillus enteritidis Gärtner . .	nach 4 1/2 Wochen
Bacillus morbificans bovis . .	nach 3 Wochen
Bacillus proteus vulgaris . . .	noch nicht nach 3 Wochen
Typhusbacillen	noch nicht nach 6 Wochen
Diphtheriebacillen	noch nicht nach 4 1/2 Wochen
Eiterstaphylococcen	noch nicht nach 6 Wochen
Bacterium aerogenes lactis . .	noch nicht nach 6 Wochen
Pestbacillen	noch nicht nach 16 Tagen

Wenn auch die Absterbegrenze bei der grössten Zahl der Bacterien erst nach einer längeren Beobachtungszeit als die von mir verwendete festgestellt werden könnte, so genügen die obigen

Digitized by Google

Resultate für den Zweck dieser Abhandlung völlig, da wir es bei dem üblichen Pökelprocess unter keinen Umständen mit längeren Zeiträumen als 4 bis 5 Wochen, in der Regel aber mit viel kürzeren zu thun haben.

Nach diesen Ergebnissen ist also im allgemeinen anzunehmen, dass durch das Pökeln keine Abtödtung bereits im Fleische vorhandener Bacterien erfolgt, zumal die Pökellake nur in den seltensten Fällen während des ganzen Verlaufs der Procedur eine concentrirte Salzlösung, insbesondere nicht im Innern des Fleisches, darstellen wird. Es drängt sich desshalb weiterhin die Frage auf, wie es denn mit der Vermehrung der Fleischvergiftungsbacterien in kochsalzhaltigen Nährböden bestellt ist, ob hierin überhaupt ein Wachsthum stattfindet, oder ob dieses vielleicht nur in beschränktem Maasse vor sich geht.

Die Beantwortung dieser Fragen erscheint um so wichtiger, als die Thatsache feststeht, dass die meisten der bei Fleischvergiftungen gefundenen pathogenen Bacterien sich bei auffallend niederen Temperaturen noch vermehren können. So constatirt Basenau[1]) für den Morbificans bovis bei einer Temperatur von 8 bis 9 Grad eine ziemlich kräftige Vegetation. »Bei 0° steht das Wachsthum des Bacillus still. Werden aber Culturen bis vorläufig 84 Tage lang im Eiscalorimeter bei einer constanten Temperatur von 0° gehalten und dann wieder in höhere Temperaturen gebracht, so zeigt die kräftige Entwicklung derselben, dass sie den Aufenthalt im Eis ohne Abschwächung ihrer Vermehrungsfähigkeit überstanden haben.« — Für ihre gelegentlich einer Fleischvergiftung in Rotterdam isolierten Bacillen geben Poels und Dhont[2]) an, dass dieselben noch unter 5° C. eine zwar langsame, aber doch merkliche Entwicklung zeigen. Prof. Forster[3]) beobachtete, dass in dem allgemein üblichen Eisschranke, in dem in der Regel eine Temperatur von 4 bis 7° C. herrscht, Bacterien auf verschiedenen Nährsubstanzen ziemlich

1) a. a. O.

2) Vleeschvergiftiging te Rotterdam. Tweede Rapport van de deskundigen Dr. J. Poels en J. J F. Dhont.

3) Centralblatt für Bacteriologie, Bd. XII, 1892.

Digitized by Google

rasch zur Entwicklung kommen. In Fleischbrei, der bei 0° aufbewahrt wurde, wies Forster nach etwa 16 Tagen ungefähr ebensoviel Zersetzungsproducte nach als im gleichen Fleisch, das 6 bis 7 Tage in einem Keller bei 7 bis 9° oder 2 Tage bei Zimmertemperatur gehalten worden war. E. Levy[1]) stellte bei einer Massenerkrankung nach Genuss infectiösen Fleisches in Strassburg als Erreger derselben den Proteus Hauser fest; der gleiche Bacillus wurde in dem mit Schlamm bedeckten Boden des Eisschrankes gefunden, in welchem das infectiöse Fleisch aufbewahrt worden war. Es hatte also sicher eine Entwicklung des Proteus bei der niederen Eisschranktemperatur stattgefunden. Da das Fleisch nach dem Einsalzen wohl meist in Kellerräumen gehalten wird, so schliesst die daselbst herrschende Temperatur, die bei uns 8 bis 12° betragen dürfte, eine Entwicklung unserer Bacterien nicht aus.

Ich gehe nunmehr zur Besprechung der Anordnung der Versuche über, die wir zur Prüfung des Verhaltens unserer Bacterien in Kochsalzlösungen von niederer Concentration anstellten. In Betreff der Wahl der Kochsalzlösungen waren für uns entscheidend zunächst die Erfahrungen de Freytag's bei den Cholera- und Milzbrandbacillen, für die als äusserster Concentrationsgrad, bei dem noch eine Entwicklung stattfindet, ein Kochsalzgehalt des Nährmediums von 7% ermittelt wurde, und weiterhin der Befund bei den in praxi verwendeten Pökellaken, deren Kochsalzgehalt bis auf einen gleich niederen Procentsatz herabgehen kann.

Zur Ausführung der Versuche stellte ich mir zunächst sterile Kochsalzlösungen von 14, 20, 24 und ca. 30% her und füllte mittels steriler Pipetten in Reagensröhrchen je 5 ccm dieser Salzlösungen und 5 ccm einer schwach alkalisch reagirenden Nährbouillon, der 2% Pepton, aber kein Kochsalz zugesetzt war, so dass ich also Kochsalzbouillon mit genau 7, 10, 12 und ungefähr 15% Kochsalzgehalt erhielt. In diese Röhrchen mit Kochsalzbouillon wurden nun die betreffenden Bacterien in

1) Archiv f. experiment. Pathologie u. Pharmakologie, Bd. XXXIV, 1894.

verschiedener Quantität, wie für jede Versuchsreihe speciell angegeben werden wird, eingeimpft, und die Röhrchen bei Temperaturen von 22 bzw. 37° C. stets innerhalb eines Glases mit überhängender Kappe, das zu einem Drittel mit Wasser gefüllt war, aufbewahrt. Dadurch waren die Culturen einerseits gegen plötzliche Temperaturschwankungen geschützt, andererseits wurde durch die Aufbewahrung im mit Wasserdampf gesättigten Behälter eine Verdunstung des, in der Kochsalzbouillon enthaltenen Wassers vermieden, wodurch sonst eine allmählich steigende Concentration bei der langen Dauer der einzelnen Versuchsreihen leicht herbeigeführt worden wäre. Direkt nach Beschickung der kochsalzhaltigen Bouillon mit den betreffenden Bacterien, dann nach 24, 48, 72 Stunden und weiterhin in grösseren Zwischenräumen wurden mit geaichten Platindrahtspiralen verschiedener Grösse Ueberimpfungen aus der Kochsalzbouillon auf Gelatine gemacht, und diese in Petri'sche Schalen zu Platten ausgegossen, welche bei 22 bis 26° in feuchten Culturbüchsen gehalten und zum ersten Mal nach fünftägigem Wachsthum zur Zählung der aufgekommenen Colonien geöffnet wurden. Einzelne trotz aller Vorsicht entstandene Verunreinigungen waren durch die abweichende Gestalt der Colonien von unseren Bacterien bereits makroskopisch leicht zu unterscheiden. Da ich fand, dass nach fünftägigem Wachsthum der Platten niemals neue Colonien als die bereits vorhandenen mehr aufkamen, so führte ich regelmässig nach Verlauf dieser Zeit die erste Zählung der Platten aus, die ich dann 8 und 10 Tage später controlirte. Um eine genaue Zählung der Colonien möglich zu machen, musste ich naturgemäss starke Verdünnungen der Culturen herstellen: zu dem Zwecke übertrug ich aus der Reincultur bei jeder einzelnen Versuchsreihe gleiche Mengen Material zunächst in physiologische Kochsalzlösung und nach gehöriger Vertheilung des Materials in derselben in die Kochsalzbouillon.

Nach diesen allgemein gültigen Vorbemerkungen will ich im folgenden die einzelnen Versuchsreihen unter Berücksichtigung der mannigfachen Verschiedenheiten, die sowohl bei der Methode der Versuchsanordnung wie auch bei den Resultaten

Digitized by Google

sich ergaben, beschreiben. Ausser dem Bacterium coli commune und den, bei den sog. Fleischvergiftungen gefundenen Bacterien, Bacillus enteritidis und Bacillus morbificans bovis, und dem Proteus untersuchte ich nebenbei das Verhalten des Typhusbacillus, obgleich die Kenntnis in dieser Richtung für die Praxis des täglichen Lebens kaum eine Bedeutung hat. Als Versuchsmaterial benutzte ich die schon oben in ihrem Verhalten genauer beschriebenen Culturen, von den Coliarten das Bacterium coli S.

Tabelle II.

Kochsalzbouillonculturen bei 22 bis 24° C., davon je 4,3 mg zu den Platten Nach fünftägigem Wachsthum auf Gelatineplatten betrug die Zahl der aufgekommenen Colonien[1]):

1. Bacterium coli.

Bei Plattenguss	7%	12% Na-Cl-Gehalt	15%
Direct nach Impfung d. Kochsalzbouill.	22 (39)	94 (132)	29 (26)
24 Std. » » » »	6 (8)	0 (0)	0 (0)
48 Std. » » » »	34 (22)	0 (0)	0 (0)
4 Tage » » » »	263	0	0
6 Tage » » » »	zahllos	0	0
10 Tage » » » »	zahllos	0	0

Beginnende Trübung der Bouilloncultur von 7% NaCl-Gehalt am 5. Tage nach der Impfung. Die 12 und 15proc. Kochsalzbouillon blieb klar.

2. Bacillus morbificans bovis.

Bei Plattenguss	7%	12% NaCl-Gehalt	15%
Direct nach Impfung d. Kochsalzbouill.	35 (21)	21 (37)	129 (121)
24 Std. » » » »	2 (4)	0 (0)	0 (0)
48 Std. » » » »	6 (11)	0 (0)	0 (0)
3 Tage » » » »	16 (38)	0 (0)	0 (0)
7 Tage » » » »	zahllos	0	0
11 Tage » » » »	zahllos	0	0

Beginnende Trübung der Bouilloncultur von 7% NaCl-Gehalt am Ende des 5. Tages nach der Impfung. Die 12 und 15proc. Kochsalzbouillon blieb klar.

1) Die eingeklammerten Zahlen sind Ergebnisse von Controlplatten, die unter gleichen Bedingungen angelegt und gehalten wurden.

Digitized by Google

3. Bacillus enteritidis.

Bei Plattenguss	7%	12%	15%
	Na Cl-Gehalt		
Direct nach Impfung d. Kochsalzbouill.	39 (46)	28 (26)	19 (16)
24 Std. » » » »	2 (4)	0 (0)	0 (0)
48 Std. » » » »	1 (5)	0 (0)	0 (0)
3 Tage » » » »	3 (0)	0 (0)	0 (0)
5 Tage » » » »	1839 (1714)	0	0
8 Tage » » » »	zahllos	0	0
11 Tage » » » »	zahllos	0	0

Trübung der Bouilloncultur von 7% Na Cl-Gehalt am 6. Tage nach der Impfung. Die beiden anderen Culturen blieben klar.

Diese erste Versuchsreihe, in welcher die Salzculturen bei einer Temperatur von 20 bis 24° C. gehalten wurden, leidet vielleicht unter dem Fehler, dass aus der Kochsalzbouillon eine sehr geringe Menge von Bacterien zu den Plattenculturen verwendet worden war. Trotzdem treten die Punkte, auf welche es hauptsächlich ankommt, und die sich in späteren Versuchen bestätigten, schon deutlich in Erscheinung. Auf den Platten, welche aus den 7% kochsalzhaltigen Bouillonculturen 24 Stunden nach Impfung der Bouillon angelegt sind, beobachten wir bei allen 3 Bacterien eine Verminderung der Colonienzahl gegenüber denjenigen Platten, die direct nach Impfung der Bouillon gegossen wurden. Es kann diese Erscheinung nur auf ein theilweises Zugrundegehen von Keimen in der Kochsalzbouillon zurückgeführt werden, das ich in gewöhnlicher Löffler'scher Bouillon nicht beobachtete. In dieser zur Controle mit gleicher Menge Bacterienmaterials angelegte Culturen ergaben nach 24 Stunden bereits eine in's zahllose gehende Vermehrung der Bacterien. Die 48 und 72 Stunden nach Impfung der Kochsalzbouillon gegossenen Platten weisen geringe Schwankungen in der Zahl der Colonien auf, die in dieser ersten Versuchsreihe jedoch zu wenig ausgesprochen sind, um daraus Schlüsse auf eine weitere Verminderung oder Vermehrung der Bacterien in der 7proc. Kochsalzbouillon zu ziehen. Dagegen zeigen die Gelatineplatten vom 4. und 5. Tage bei allen 3 Arten eine erhebliche Vermehrung der Colonienzahl, die sich nun weiterhin in den folgenden 2 Tagen bis in's Zahllose steigert.

Digitized by Google

Die kräftige Vermehrung der Keime spricht sich auch in einer deutlichen Trübung der Kochsalzbouillon aus; am 12. Tage ist in derselben ein geringer Bodensatz von Bacterienmassen gebildet.

Anders gestalten sich die Resultate bei den Bouillonculturen mit 12 und 15% Kochsalzgehalt. Die 24 Stunden nach Impfung der Kochsalzbouillon angelegten Platten bleiben ausnahmslos steril, die Bacterien haben also während dieser Zeit durch die Einwirkung der Salzlösung ihre Entwicklungsfähigkeit auf Gelatineplatten eingebüsst. Die Platten der nächsten Tage zeigen das gleiche Verhalten, keine Colonie kommt auf.

Zur Controle dieser Resultate wurde sofort eine zweite Versuchsreihe ausgeführt, bei der die Salzculturen gleichfalls bei 22° gehalten wurden. Um sicher nur frisches Bacterienmaterial zu verwenden, schickte ich vor Beginn der Versuche die einschlägigen Bacterien 4 Tage nacheinander durch gewöhnliche Löffler'sche Bouillon, indem ich jedesmal von den 24 Stunden alten Culturen in frische Bouillon überimpfte. In dieser Versuchsreihe wurde eine Bouillon mit 10% Kochsalzgehalt eingeschaltet, um die Grenzen des Concentrationsgrades der Salzlösungen, in denen noch eine Entwicklung der Bacterien statthat, enger zu ziehen. Die Beobachtung dieser wie auch der vorigen Versuchsreihe dehnte sich auf 14 Tage aus.

Tabelle III.

Kochsalzbouillonculturen bei 22 bis 24° C. Davon 23,7 mg zu den Platten. Nach fünftägigem Wachsthum auf Gelatineplatten betrug die Zahl der aufgekommenen Colonien[1]): 1. Bacterium coli.

Bei Plattenguss	7%	10%	12%	15%
	Na Cl-Gehalt			
Direct nach Impf. d. Kochsalzbouill.	303 (276)	272 (220)	410 (370)	317 (308)
24 Std. » » » »	146 (150)	0 (0)	0	0
48 Std. » » » »	45 (68)	0	0	0
3 Tage » » » »	158	0	—	—
4 Tage » » » »	356	0	—	—
7 Tage » » » »	zahllos	0	—	—

Trübung der Bouillon von 7% Na Cl-Gehalt am 5. Tage. Die 10 resp. 12 und 15 proc. Kochsalzbouillon blieb klar.

1) Die eingeklammerten Zahlen sind Ergebnisse von Platten, die mit einer Platindrahtspirale von 10,3 mg Fassungsvermögen beschickt wurden; die Zahlen sind aber auf 23,7 mg berechnet.

2. Bacillus morbificans bovis.

Bei Plattenguss	7%	10%	12%	15%
	Na Cl-Gehalt			
Direct nach Impf. d. Kochsalzbouill.	289 (229)	430 (380)	314 (231)	377 (294)
24 Std. » » » »	62 (44)	0 (0)	0	0
48 Std. » » » »	45 (29)	0	—	—
3 Tage » » » »	2782	0	—	—
5 Tage » » » »	5786	0	—	—
7 Tage » » » »	zahllos	0	—	—

Trübung der Bouilloncultur von 7% Na Cl-Gehalt am 6. Tage. Die übrigen Culturröhrchen blieben klar.

3. Bacillus enteritidis.

Bei Plattenguss	7%	10%	12%	15%
	Na Cl-Gehalt			
Direct nach Impf. d. Kochsalzbouill.	159 (110)	282 (157)	176	—
24 Std. » » » »	51 (38)	0	0	—
48 Std. » » » »	— (14)	0	—	—
3 Tage » » » »	15 (11)	0	—	—
4 Tage » » » »	310 (246)	0	—	—
6 Tage » » » »	10158	0	—	—
8 Tage » » » »	zahllos	0	—	—

Trübung der Bouilloncultur von 7% Na Cl-Gehalt am 6. Tage bemerkbar. Die 10 und 12 proc. Kochsalzbouillon blieb steril.

Die Resultate der Tabellen II und III sind danach fast die gleichen, nur treten sie infolge der grösseren Zahlen, mit denen man rechnen konnte, in der III. Tabelle viel klarer hervor. Wieder begegnen wir in der 7 proc. Kochsalzlösung am 1. Tage nach der Impfung einer erheblichen Verminderung in der Colonienzahl, die am 2. Tage und beim Bacillus enteritidis noch während des 3. Tages fortschreitet. Dann tritt mit dem Ende des 3. oder 4. Tages eine anfangs langsam, vom 6. Tage an jedoch rapid ansteigende Vermehrung auf, die sich in der ungeheuren Zahl von Colonien auf den Gelatineplatten und ausserdem durch die Trübung der Kochsalzbouillon kundgibt.

Digitized by Google

Demgegenüber bleiben die Bouillonculturen von 10, 12 und 15% Kochsalzgehalt bis zum Abschluss des Versuches klar, die Platten zeigen schon 24 Stunden nach der Impfung keine Colonie.

Welche Schlüsse dürfen wir aus den Zahlenreihen der Tabellen ziehen? In der 7 proc. Kochsalzbouillon greift zunächst eine entschiedene Verminderung der Bacterienzahl Platz; dieselbe ist so erheblich und währt eine so beträchtliche Zeit lang (3 Tage), dass wir sie unmöglich allein der Uebertragung der Bacterien von einem Nährboden auf einen anderen zur Last legen können. Eine derartig kräftig und anhaltend wirkende Schädigung kann hier nur durch den Gehalt des Nährbodens an Kochsalz bedingt sein. Auffallend ist dabei die Thatsache, dass die Bacterien nur zum Theil derart geschädigt werden, dass sie sich nicht mehr auf dem gewöhnlichen Nährmaterial zu erholen und zu entwickeln vermögen, während ein anderer Theil die Entwicklungsfähigkeit bewahrt. Nachdem die letzteren sich in dem kochsalzhaltigen Nährboden gewissermaassen »acclimatisirt« haben, so treten auch in diesem ihre Lebensäusserungen wieder in Kraft, die Zellen vermehren sich. Jedoch auch dieser Process ist in der 7 proc. Kochsalzbouillon gegenüber dem Verhalten in den gewöhnlichen Nährmedien entschieden verzögert; das besagen die langsam ansteigenden Zahlen der auf den Gelatineplatten aufgekommenen Colonien.

In beiden Versuchsreihen blieb in den Salzlösungen von 10% Kochsalzgehalt und darüber jegliche Entwicklung der Bacterien aus, ja, bereits nach 24 Stunden vermochten die Bacterien auf dem Gelatinenährboden sich nicht mehr zu vermehren. Ob wir daraus den Schluss ziehen dürfen, dass dieselben durch die Einwirkung der Kochsalzbouillon völlig abgetödtet wurden, will ich noch an anderer Stelle erörtern. Jedenfalls schienen mir diese unerwarteten Resultate zur Zeit der Ausführung dieser Versuche nicht mit der Erfahrung vereinbar, dass die gleichen Bacterien in concentrirten Salzlösungen noch nach Wochen am Leben gefunden werden. Gelegentlich der Besprechung der Abtödtungsversuche mit dem Bacillus

Digitized by Google

morbificans bovis erwähnte ich bereits die Thatsache, dass es bei Beurtheilung der antibacteriellen Wirkung einer chemischen Substanz sehr auf die Zahl der Keime ankommt, welche dieser Wirkung ausgesetzt sind. Wie in den Tabellen II und III die Zahlen der Colonien beweisen, welche auf den direct nach der Impfung der Kochsalzbouillon gegossenen Platten aufkamen, war die Menge der Keime in der Salzbouillon keine grosse — für den günstigsten Fall berechnet, waren in 10 ccm Kochsalzbouillon etwa 172000 Bacterien. Im Gegensatz dazu benutzten wir bei den Versuchen mit concentrirten Salzlösungen ungemein kräftig entwickelte Culturen. Um deshalb sicher zu sein, dass auch bei grosser Keimzahl in den 10- und mehrprocentigen Kochsalzlösungen keine Entwicklung der Bacterien stattfand, brachte ich in die betreffenden Salzlösungen aus 24stündigen Bouilloncultur en, die unzählig viele Individuen enthielten, mittels grosser Platinspiralen so viel Material ein, dass in der Kochsalzbouillon eine leichte Trübung bemerkbar war. Nach Verlauf von 14 Tagen hatte sich diese Trübung nicht im mindesten verstärkt, geschweige denn, dass ein Bodensatz von Bacterienmassen vorhanden gewesen wäre; es kann daher mit Sicherheit auf ein Ausbleiben der Entwicklung in Bouillon von 10 und mehr Procent Kochsalzgehalt, bei einer Temperatur von 22°, geschlossen werden.

Um möglichst gute Wachsthumsbedingungen für die Bacterien herzustellen, wiederholte ich die Versuche für alle 3 Bacterienarten mit den gleichen Kochsalzlösungen, bewahrte dieselben aber während der Versuchszeit bei einer Temperatur von ungefähr 37° C. auf. Die dabei erzielten Resultate sind im Allgemeinen die gleichen, wie von den bei 22° gehaltenen Culturen; im Einzelnen spielen jedoch bei diesen Versuchsreihen ganz interessante Erscheinungen mit, auf deren Auftreten ich anfangs nicht gefasst gewesen war.

Tabelle IV.

Kochsalzbouillonculturen bei 34 bis 37° C. Davon 23,7 mg zu den Platten. Nach fünftägigem Wachsthum auf Gelatineplatten betrug die Zahl der aufgekommenen Colonien[1]):

1. Bacterium coli.

Bei Plattenguss	7%	10%	12%	15%
	Na Cl-Gehalt			
Direct nach Impf. d. Kochsalzbouill.	413 (362)	387 (393)	402 (312)	583 (443)
24 Std. » » » »	130 (81)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
48 Std. » » » »	0 (0)	0	0	0
3 Tage » » » »	0 (0)	0	0	0
6 Tage » » » »	0	0	0	0
11 Tage » » » »	0	0	0	0

Keine Trübung der Bouillonculturen.

2. Bacillus morbificans bovis.

Bei Plattenguss	7%	10%	12%	15%
	Na Cl-Gehalt			
Direct nach Impf. d. Kochsalzbouill.	310 (232)	332 (291)	350 (305)	216 (186)
24 Std. » » » »	135 (92)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
48 Std. » » » »	0 (0)	0	0	0
3 Tage » » » »	0 (0)	0	0	—
6 Tage » » » »	0	0	0	—
11 Tage » » » »	0	0	0	—

Keine Trübung der Bouillonculturen.

3. Bacillus enteritidis.

Bei Plattenguss	7%	10%	12%	15%
	Na Cl-Gehalt			
Direct nach Impf. d. Kochsalzbouill.	389 (227)	70 (61)	127 (96)	260 (246)
24 Std. » » » »	104 (—)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
48 Std. » » » »	70 (58)	0	0	0
4 Tage » » » »	14628	0	0	—
6 Tage » » » »	zahllos	0	0	—

Am 4. Tage beginnende Trübung der Bouillon von 7% Na Cl-Gehalt. Die 10, 12 und 15 proc. Kochsalzbouillon blieb klar.

1) Siehe die Anmerkung bei Tabelle III.

Digitized by Google

Betrachten wir zunächst die Resultate dieser Tabelle, deren Salzculturen, ausgenommen die Temperatur des Aufbewahrungsortes, unter den gleichen Verhältnissen und mit denselben Mengen von Bacterienmaterial angelegt wurden, wie die Culturen der vorigen Versuchsreihe (Tabelle III). Die von der 24 Stunden alten Bouillon mit 7% NaCl-Gehalt angelegten Platten weisen, wie dort, eine beträchtliche Verminderung in der Zahl der Colonien auf; nach 48 Stunden gegossene Platten von den mit Bacterium coli und Bacillus morbificans geimpften 7 proc. Salzculturen bleiben dagegen auffallenderweise steril, desgleichen die nach 3, 6 u. s. w. Tagen angefertigten Platten. Demgegenüber zeigt der Bacillus enteritidis fast dasselbe Verhalten wie in der Tabelle III, nur mit dem Unterschiede, dass die Zahl der Colonien vom 4. Tage ab — eine Beobachtung vom 3. Tage fehlt leider — sehr rapide zunimmt. Letztere Erscheinung ist wohl damit zu erklären, dass nach Ueberwindung der Schädigung durch das Kochsalz die Bedingungen für die Entwicklung der Bacterien durch die höhere Temperatur eben die bestmöglichsten, jedenfalls bessere sind als bei 22°.

Diese Resultate forderten zu einer sofortigen Controlprüfung unter denselben Temperaturverhältnissen auf, die ich nunmehr mit Uebertragung bedeutend grösserer Mengen Bacterienmaterials in die Kochsalzbouillon ausführte.

Tabelle V.

Kochsalzbouillon, geimpft aus 24stündiger gewöhnlicher Bouilloncultur mit zwei Platindrahtspiralen von je 23,7 mg Inhalt, bei 37° gehalten:

Name des Bacterium	Beginnende Trübung der Bouillon von	
	7% Na Cl-Gehalt	10% Na Cl-Gehalt
Bacterium coli commune . .	am 3. Tage	keine Trübung
Bacillus morbificans bovis . .	am 3. Tage	keine Trübung
Bacillus enteritidis	am Ende d. 3. Tages	keine Trübung

Eine durch Zahlen belegte Controle der Entwicklung der Bacterien unterblieb bei dieser Versuchsreihe, dagegen wurden zur Vergewisserung, dass keine Verunreinigung in den Salzculturen entstanden war, täglich Gelatinestriche angefertigt.

Dieselben bewiesen sämmtlich, diesmal bei allen drei Bacterienarten die Anwesenheit der betreffenden lebenden Keime in der Salzbouillon auch über den zweiten Tag hinaus. Ja bereits im Verlaufe des dritten Tages nach Impfung der Salzbouillonröhrchen trat bei denen von 7% Kochsalzgehalt eine leichte Trübung auf, die in den nächsten Tagen zunahm und fast dasselbe Verhalten wie in normalen Nährmedien zeigte. Die 10% kochsalzhaltenden Bouillonröhrchen blieben auch hier wieder klar.

Zur endgültigen Bestätigung dieser Resultate wurde mit der 7 proc. Kochsalzbouillon eine in Tabelle VI dargestellte Versuchsreihe durchgeführt, bei der, um mit möglichst grossen, aber doch noch einigermaassen gut zu controlirenden Zahlen zu arbeiten, eine Platinspirale von 67,3 mg Inhalt aus einer 24-stündigen Bouilloncultur jeder Bacterienart direct ohne Verdünnung in die Kochsalzbouillon überbracht wurde.

Tabelle VI.

Bouillonculturen mit 7% Kochsalzgehalt bei 37° C. Nach fünftägigem Wachsthum auf Gelatineplatten betrug die Zahl der aufgekommenen Colonien [1]):

Bei Plattenguss	Bact. coli	Bac. morbificans	Bac. enteritidis
Direct nach Impfung d. Kochsalzbouillon	8 164	12 216	11 820
24 Std. » » » »	2 756	4 687	3 921
3 Tage » » » »	12 050	10 744	8 756
4 Tage » » » »	zahllos	zahllos	zahllos

Die nach 24 Stunden angelegten Platten weisen wieder eine ganz beträchtliche Verminderung in der Zahl der Colonien auf, dagegen beginnt mit dem 3. Tage bereits eine Vermehrung der Bacterien; die vier Tage nach Impfung der Salzbouillon gegossenen Platten sind mit zahllosen Colonien bedeckt, die Salzbouillon selbst zeigt starke Trübung. Die Entwickelung ging also, wie bereits vorhin bemerkt, auch hier bei Brutemperatur sehr schnell vor sich, nachdem die Bacterien einmal

1) Die Ueberimpfungen von der Kochsalzbouillon in die Gelatine wurden mit einer Spirale von 10,3 mg Inhalt ausgeführt.

einen gewissen kritischen Punkt der Schädigung durch das Kochsalz überwunden und sich in der Salzlösung »acclimatisirt« hatten.

Es fragt sich nun, worauf die Ungleichheit der Resultate mit der 7 proc. Kochsalzbouillon in der Tabelle IV gegenüber den Tabellen III, V und VI beruht. Bestimmte Erklärungen dafür zu geben, ist mir nicht möglich; ich will jedoch versuchen, aus entsprechenden Beobachtungen bei anderen Bacterien und für andere Substanzen als das Kochsalz Schlussfolgerungen zu ziehen, welche die Ergebnisse meiner Untersuchungen nicht allzu befremdend erscheinen lassen.

Zur Begründung des verschiedenen Ausfalls der Resultate in den Tabellen III und IV, bei denen die Versuche mit gleichen Bacterienmengen, aber unter verschiedenen Temperaturverhältnissen ausgeführt wurden, möchte ich eine Thatsache anführen, die für unsere Desinfectionsmittel durch zahlreiche Untersuchungen als feststehend erwiesen worden ist: der Wirkungswerth derselben ist nämlich im Allgemeinen um so grösser, je concentrirter ihre Lösung und je höher die Temperatur der Lösung ist. Wenn wir nun auch das Kochsalz nicht zu den Desinfectionsmitteln rechnen dürfen, so verhält es sich, wie auch unsere Versuche beweisen, den Bacterien gegenüber keineswegs ganz indifferent. Wodurch das Kochsalz für die Bacterien schädigend wirkt, ob durch die sicher in schwachen Salzlösungen bereits eintretende Plasmolyse[1]) oder, wie Römer[2]) für Milzbrandsporen annehmen zu können glaubt, durch eine Quellung und Auflockerung der Sporenmembran, die dadurch dem auf osmotischem Wege vor sich gehenden Eindringen chemischer Stoffe weniger Widerstand entgegenzusetzen vermag, darüber will ich mich hier nicht weiter verbreiten, zumal sichere Beweise in dieser Frage bisher nicht erbracht sind.

Für die Deutung der sich in den Tabellen IV und VI ergebenden Verschiedenheiten der Resultate bei der 7 proc.

1) A. Fischer, Die Plasmolyse der Bacterien. Verhandlungen d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. mathem.-phys. Kl., 1891.

2) Münchner medicin. Wochenschr., 1898, Nr. 10.

Digitized by Google

Kochsalzlösung führe ich den gleichen Grund an, den ich bereits für das Ausbleiben einer Entwicklung in den 10- und mehrprocenthaltigen Kochsalzlösungen der Tabellen II und III in Betracht ziehen zu müssen glaubte: die verhältnissmässig geringe Menge des Bacterienmaterials, welches der Einwirkung des Kochsalzes ausgesetzt wurde. Es ist doch wohl anzunehmen, dass es unter den Bacterien gerade so wie unter allen anderen Lebewesen kräftigere und schwächere Individuen gibt, die sich also äusseren Einflüssen gegenüber mehr oder minder widerstandsfähig erweisen. Darauf ist wohl in unseren Versuchen mit der 7 proc. Kochsalzbouillon, wie ich bereits andeutete, die Erscheinung zurückzuführen, dass ein Theil der Bacterien zu Grunde geht, während ein anderer die Schädigung zu überwinden und sich weiter zu vermehren vermag. Ist die Anzahl der beim Versuche benutzten Bacterien nun eine sehr grosse, wie es z. B. bei unseren Abtödtungsversuchen der Fall war, bei welchen wir üppig entwickelte Culturmassen anwendeten, so werden natürlich um so mehr Individuen darunter sein, die sich schädigenden Einwirkungen gegenüber resistent zeigen und, unter günstige Existenzbedingungen zurückgebracht, sich fortzupflanzen vermögen. Versetzen wir dagegen relativ wenig Bacterien in Verhältnisse, die eine Vermehrung der Zahl nicht gestatten (Kochsalzlösungen von 10% und darüber), so wird die Chance, bei den Ueberimpfungen gerade eines der in der Minderzahl vorhandenen kräftigen Individuen auf zusagenden Nährboden zu überbringen, nur äusserst gering, wenn nicht gleich null sein. Ausserdem ist dann noch der Factor in Betracht zu ziehen, ob das betreffende, in der starken Salzlösung vielleicht noch lebende Bacterium die Fähigkeit hat, sich auf dem neuen Nährboden zu vermehren, da andernfalls ja jede Erkennung eines positiven Ausfalls des Impfresultats für uns ausgeschlossen ist. Im früheren Amsterdamer Laboratorium des Herrn Prof. Forster hat Basenau[1]) diese Erscheinung

1) F. Basenau, Ueber das Verhalten der Cholerabacillen in roher Milch. Arch. f. Hyg., Bd. XXIII, 2, 1895.

bei Cholerabacterien festgestellt, deren Verhalten in Milch er zur Nachprüfung auffallender, von Hesse angegebener Resultate untersuchte. Wurden aus Milch, die mit Cholerabacterien geimpft und sauer geworden war, zum Nachweis der Lebensfähigkeit der Vibrionen Ueberimpfungen auf Agarplatten gemacht, so kam keine Colonie auf. Wurde dagegen eine geringe Menge der Choleramilch in die für Cholerabacillen günstige Koch'sche Anreicherungsbouillon gegeben, so war ein kräftiges Wachsthum der Bacillen zu beobachten; es waren also in der Milch entschieden Keime am Leben gewesen, die sich unter günstigen Existenzbedingungen lebens- und entwicklungsfähig zeigten.

Gerade so verhält es sich mit der Kälte. Nach den Erfahrungen Prof. Forster's bei den Choleravorkommnissen in Amsterdam im Winter der Jahre 1892 bis 95 gelang es mehreremale nicht, mit der Gelatineplattenmethode aus Choleradejectionen, die der Winterkälte ausgesetzt waren und der mikroskopischen Untersuchung nach reichlich Kommabacillen enhielten, Colonien auf der Platte zu erhalten, während die Anreicherungscultur ein, wenn auch etwas verlangsamtes Wachsthum zeigte. Aus Culturen der Cholerabacterien, welche Herr Bleekrode in Prof. Forster's Laboratorium in Amsterdam über 3 Monate bei einer Temperatur von 0° gehalten hatte, gelang es nach wenigen Tagen kaum und verspätet, nach einigen Wochen auch mit grösseren Mengen der Culturen nicht, auf der Gelatineplatte eine Colonienentwicklung zu erhalten. Wurden dagegen mehrere Spiralen voll von der bei niederer Temperatur gehaltenen Cultur in die alkalische Peptonkochsalzlösung gebracht, so konnte man nach einiger Zeit ein üppiges Wachsthum der Cholerabacterien beobachten. Gleich verhalten sich dieselben Bacterien, wenn sie kürzere Zeit bei Temperaturen von 10 bis 16° unter Null gehalten werden.

Mit der Anführung dieser Beobachtungen bei Cholerabacillen habe ich bezweckt, eine Erklärung für das Verhalten unserer Bacterien in 10 und mehrprocentiger Kochsalzlösung zu suchen. Dass geschwächte Individuen unserer Coliarten auf Gelatine sich nicht mehr zu entwickeln vermögen, scheint mir nach den obigen

Digitized by Google

Auseinandersetzungen sehr wohl möglich zu sein. Freilich konnte ich auch bei Ueberbringung von 10 ccm einer 8proc. Kochsalzbouillon, die mit grossen Mengen Coli geimpft war, in 500 ccm Löffler'scher Bouillon keine Entwickelung von Bacterien constatiren, nachdem bereits 3 Tage vorher auf der Gelatineplatte keine Colonie mehr aufgekommen war. Ein besonderes electives Nährmedium für diese Bacterien, welches mit der Anreicherungsbouillon für die Cholerabacillen verglichen werden könnte, ist uns jedoch bis heute unbekannt. Weitere Beobachtungen habe ich unterlassen, da die Lösung dieser Frage nur indirect zu unseren Versuchen in Beziehung steht.

Zwei letzte Versuchsreihen endlich wurden zu dem Zwecke ausgeführt, die Grenzen des Concentrationsgrades der Salzlösung, in welcher noch eine Entwickelung der Bacterien vor sich geht, möglichst genau festzulegen. Ich stellte mir daher eine Bouillon mit 8% Kochsalzgehalt her und brachte diesmal, wie in der vorigen Versuchsreihe, mittels einer Spirale von 67,3 mg Inhalt reichliche Mengen von Keimen in die Kochsalzbouillon.

Tabelle VII.

Bouillonculturen mit 8% Kochsalzgehalt. Davon 10,3 mg zu den Platten. Nach fünftägigem Wachsthum auf Gelatineplatten betrug die Zahl der aufgekommenen Colonien:

Bei 22° C.

Bei Plattenguss	Bact. coli	Bac. morbificans	Bac. enteritidis
Direct nach Impfung d. Kochsalzbouillon	13 416	18 519	17 512
24 Std. » » » »	1 911	1 716	1 482
48 Std. » » » »	305	366	192
3 Tage » » » »	297	871	103
4 Tage » » »	188	975	44
6 Tage » » » »	40	3 164	28
8 Tage » » »	4	11 921	11
9 Tage » » »	0	ca. 25 000	0
10 Tage » » »	0	zahllos	0

Digitized by Google

Bei 37° C.

Bei Plattenguss	Bact. coli	Bac. morbificans	Bac. enteritidis
Direct nach Impfung d. Kochsalzbouillon	13 403	20 410	10 817
24 Std. » » » »	635	474	107
48 Std. » » » »	67	87	15
3 Tage » » » »	5	3 770	1
4 Tage » » » »	0	5 197	0
6 Tage » » » »	0	27 900	0
8 Tage » » » »	0	zahllos	0

Bei allen drei Bacterienarten nimmt die Zahl der auf den Platten erscheinenden Colonien, wie die Tabellen zeigen, am 1. Tage nach der Impfung der Kochsalzbouillon sehr bedeutend ab. Doch tritt zwischen dem Verhalten der bei 22° und bei 37° gehaltenen Salzculturen schon jetzt ein auffallender Unterschied auf, den ich auf die vorhin bereits erwähnte grössere »chemische Activität« der Kochsalzlösung bei höheren Temperaturen zurückführe[1]). Diese Unterschiede in der Zahl der Colonien lassen sich durch beide Versuchsreihen hindurch beim Bacterium coli und dem Bacillus enteritidis gleichmässig weiter verfolgen. Aus den bei 37° gehaltenen Culturen bleiben die am 4. Tage nach der Impfung gegossenen Platten bereits steril, desgleichen die der späteren Tage, während die Colonienzahlen aus den bei 22° bewahrten Salzculturen ganz allmählich sinken und erst am 9. Tage den Nullpunkt erreichen.

Anders liegen die Verhältnisse beim Morbificans. Hier steigt nach der anfänglichen, auch bei den anderen Bacterien beobachteten, beträchtlichen Verminderung vom 3. Tage ab die Zahl der Colonien aus der bei 37° gehaltenen Salzcultur ganz erheblich und hat bereits am 6. Tage eine an's Zahllose grenzende Höhe erreicht. Demgegenüber schreitet die Steigerung in der Colonienzahl auf den Platten, die aus der bei 22° bewahrten

1) Behring, Desinfection, Desinfectionsmittel und Desinfectionsmethoden. Zeitschr. f. Hyg., Bd. IX, 1890, S. 404.

Salzlösung stammen, nach voraufgehender Verminderung vom 4. Tage ab ganz allmählich fort und hat erst mit dem 6. Tage ungefähr die Höhe erreicht, welche die Platten aus der Cultur bei 37° bereits 3 Tage nach der Impfung zeigen.

Fassen wir die bei den bisher geprüften Bacterien erzielten Resultate zusammen, so ergibt sich für alle drei Arten gemeinsam ein Zustand von vorübergehender Entwickelungshemmung mit nachfolgender Vermehrung in der Bouillon von 7% Kochsalzgehalt, eine völlige Entwickelungshemmung und Aufhören jeglichen Wachsthums in Bouillon von 10% Kochsalzgehalt und darüber. Während aber der Morbificans bovis in einer 8proc. Kochsalzlösung nach vorübergehender Wachsthumshemmung seine Lebens- und Entwickelungsfähigkeit noch nicht einbüsst, bewirkt die gleiche Salzlösung beim Bacterium coli und Bacillus enteritidis bereits totale Entwickelungshemmung. Die Grenze der Entwickelungsfähigkeit in Kochsalzlösungen liegt also nach unseren Versuchen für das Bacterium coli und den Bacillus enteritidis zwischen 7 und 8%, für den Bacillus morbificans bovis zwischen 8 und 10% Kochsalzgehalt des Nährbodens[1]).

1) Aehnliche Resultate wie für das Bact. coli und den Bac. enteritidis erhielt ich auch für den Typhusbacillus. Ich gebe hier Tabellen, die nach den bisherigen Ausführungen ja leicht verständlich sind.

Tabelle A.

Kochsalzbouilloncultureu bei 22° C. Nach fünftägigem Wachsthum auf Gelatineplatten betrug die Zahl der aufgekommenen Colonien:

Bei Plattenguss	7%	8%	10%	12%	15%
	NaCl-Gehalt				
Direct nach Impfung d. Kochsalzbouillon	3812	2501	2140	4263	—
24 Std. » » » »	139	11	0	0	—
48 Std. » » » »	67	0	0	0	—
3 Tage » » » »	1	0	—	—	—
4 Tage » » » »	8	—	0	—	—
5 Tage » » » »	16	—	—	—	—
6 Tage » » » »	48	0	—	—	—
8 Tage » » » »	675	—	—	—	—

Digitized by Google

Für den Proteus vulgaris musste wegen seiner Eigenschaft, die Gelatine zu verflüssigen, eine andere Versuchsmethode als bei den übrigen Bacterien angewendet werden, um sein Verhalten in Kochsalzlösungen zu demonstriren. Herr Prof. Forster gab mir eine Methode an, mittels welcher annähernde Resultate über die Entwickelungsverhältnisse des Proteus sehr wohl zu erlangen sind.

Ausgehend von der von Prof. Forster durch Versuch und Berechnung erlangten Kenntnis, dass aus einer 24stündigen, bei

Die fortschreitende Vermehrung der Bacterien wurde für den 9. und 10. Tag durch eine späterhin beim Proteus beschriebene Zählmethode festgestellt.

Tabelle B.

Kochsalzbouillonculturen bei 37° C. Nach fünftägigem Wachsthum auf Gelatineplatten betrug die Zahl der aufgekommenen Colonien:

Bei Plattenguss	7%	8%	10%	12%
	NaCl-Gehalt			
Direct nach Impfung d. Kochsalzbouillon	4030	4942	1987	3562
24 Std. » » » »	96	5	0	0
48 Std. » » » »	32	0	0	0
3 Tage » » » »	25	0	—	—
4 Tage » » » »	47	—	—	—
6 Tage » » » »	3512	—	—	—
8 Tage » » » »	zahllos	—	—	—

Als Hauptunterschied gegenüber den anderen Bacterien fand ich beim Typhusbacillus eine bedeutend ausgedehntere Entwickelungshemmung in den 7proc. Kochsalzculturen. Nach Vorübergehen dieser bleiben die Typhusbacterien auch in der Geschwindigkeit, mit der sie sich alsdann in der Salzbouillon vermehren, erheblich hinter den anderen Bacterien zurück. Mir fiel im allgemeinen auch in gewöhnlicher Löffler'scher Bouillon auf, dass von 24stündigen Bouillonculturen sämmtlicher beobachteter Bacterien die des Typhus stets die geringste Trübung zeigte, dass die Entwickelung also langsamer bei ihm fortschritt als beim Bact. coli, Bac. morbificans und Bac. enteritidis.

Das Schlussergebnis ist für den Typhusbacillus das gleiche wie für Coli und Enteritidis: in 7proc. Kochsalzbouillon tritt nach vorübergehender Entwickelungshemmung eine allmähliche Vermehrung der Keime ein, in 8proc. Kochsalzbouillon ist dagegen die Entwickelungsfähigkeit bereits völlig vernichtet, die Grenze derselben liegt für den Typhusbacillus also bei einem Salzgehalt des Nährsubstrats zwischen 7 und 8%.

Digitized by Google

37° gewachsenen Proteusbouilloncultur mittels einer Oese von 1,5 mg Inhalt ungefähr 3 Millionen Bacterien entnommen werden, schaffte ich mir durch mehrmaliges Uebertragen in physiologische Kochsalzlösung eine derartig verdünnte Bacterienanschwemmung, dass ich mit einer Platinspirale von 10,3 mg Inhalt aus der 7 und der 10proc. Kochsalzbouillon ungefähr zehn Bacterien in 10 ccm Löffler'sche Bouillon bringen konnte. Nach mehrfachen Variationen in der Verdünnungsweise der Culturen gelang es mir schliesslich, ein Maass der Verdünnung zu ermitteln, bei dessen Anwendung Löffler'sche Bouillon, die mit einer Spirale von 10,3 mg Inhalt aus der Kochsalzlösung geimpft war, sich trübte, während zwei andere Bouillonröhrchen, die aus derselben Kochsalzlösung, aber nur mit einer Oese von 1,5 mg, bzw. einem Platinhäkchen von 0,2 mg Inhalt beschickt waren, steril blieben. In 0,2 und selbst in 1,5 mg war daher kein Bacterienindividuum mehr vorhanden, wohl aber in der Menge von 10,3 mg. 24 Stunden nach Impfung der Kochsalzbouillon mit Proteus führte ich in gleicher Weise Ueberimpfungen aus derselben in Löffler'sche Bouillon aus. Diesmal blieben alle drei Röhrchen, auch das mit der Spirale von 10,3 mg geimpfte, steril, woraus ich den Schluss ziehen konnte, dass innerhalb der ersten 24 Stunden eine Verminderung des Bacteriengehaltes in der 7 und der 10proc. Kochsalzlösung um mindestens das Zehnfache eingetreten war. Die 48 Stunden nach der Impfung der 7proc. Salzlösung aus dieser beschickten Bouillonröhrchen trübten sich sämmtlich. Es hatte demnach im Verlaufe des 2. Tages nach der Impfung in der 7proc. Kochsalzbouillon bereits eine Vermehrung der Proteusbacterien im Verhältnisse von 0,2 : 10,3, also um mindestens das Fünfzigfache stattgefunden. Eine spätere Ueberimpfung ergab ebenfalls Trübung sämmtlicher Bouillonröhrchen, was vorauszusehen war, zumal da die 7proc. Kochsalzbouillon selbst schon am 3. Tage nach der Impfung sich zu trüben begann.

Die 10proc. Kochsalzbouillon des Proteus hielt sich bis zum Abschluss der Versuche klar; nach 24 und 48 Stunden aus ihr geimpfte Löffler'sche Bouillon blieb steril.

Digitized by Google

Ich stelle die Resultate in der folgenden Tabelle zusammen:

Tabelle VIII.

Kochsalzbouilloncultur von Proteus bei 37° C. Löffler'sche Bouillon wird getrübt:

Beim Ueberbringen von:	0,2 mg		1,5 mg		10,3 mg	
In Kochsalzbouillon von:	7%	10%	7%	10%	7%	10%
Direct nach Impfung d. Kochsalzbouillon	0	0	0	0	+	+
24 Std. » » » »	0	0	0	0	0	0
48 Std. » » » »	+	0	+	0	+	0
3 Tage » » » »	+	0	+	0	+	0
4 Tage » » » »	+	0	+	0	+	0

In gleicher Weise angestellte Versuche mit Proteusbouillonculturen von 7% Kochsalzgehalt, die bei 22° gehalten wurden, sowie von 8% Kochsalzgehalt misslangen mir, da ich den gewünschten Verdünnungsgrad trotz mehrfachen Ausprobirens nicht erzielte; ich bekam bereits auch bei der Uebertragung von 0,2 mg Entwickelung. Ich konnte aber feststellen, dass die Bouillonculturen von 8% Kochsalzgehalt sich sowohl bei 22 wie bei 37° im Laufe des 3. Tages nach der Impfung trübten, ein sicheres Zeichen, dass eine Entwickelung des Proteus bei diesem Concentrationsgrade noch gut vor sich ging.

Der Proteus vulgaris erfährt also in 7 und 8proc. Kochsalzlösungen eine vorübergehende Entwickelungshemmung, in 10proc. vermag er sich dagegen nicht mehr zu vermehren.

Ueber die Einwirkung von Kochsalz auf Fäulniserreger im allgemeinen und speciell den Proteus vulgaris existiren bereits einige Angaben in der Literatur. Wehmer[1]) fand, dass »der Proteus vulgaris Hauser bzw. das alte Bacterium thermo F. Cohn« bei einem Salzgehalt des Nährbodens (verdünnte, ungehopfte Würze) von 5% aufwärts nicht mehr zur Entwickelung kam. In

1) Wehmer, Bacteriologie und Chemie der Häringslake. Centralbl. f. Bacteriologie etc., 1897, II. Abth.

Digitized by Google

Betreff der Verschiedenheiten der Resultate Wehmer's und der meinigen mache ich, abgesehen vielleicht von dem Einflusse der Untersuchungsmethode, dieselben Thatsachen geltend, die ich bereits gelegentlich der Abtödtungsversuche für das Bacterium coli anführte. Es gibt eine ganze Reihe von Proteusbacterien, die sich in ihrem morphologischen und culturellen Verhalten nur wenig von einander unterscheiden, wegen ihrer Beziehungen zur Serumagglutination jedoch als Individuen verschiedener Rassen angesehen werden müssen. Wolf[1]) gelangte bezüglich der Proteusgruppe zu den gleichen Resultaten wie bei den Colibacterien, dass nämlich die Sera von fünf verschiedenen Meerschweinchen nur gegen den Proteusstamm agglutinirten, mit welchem sie vorher geimpft waren.

Die fäulniswidrige Kraft von Kochsalzlaken mit Borsäurezusatz, sowie Bittersalz- und Glaubersalzlaken studirte Boshamer[2]). Er fand aus den Wachsthumsergebnissen der Fäulnisbacterien auf Gelatine- und Agarplatten, sowie in Organstücken die mit den betreffenden Salzlaken längere Zeit hindurch behandelt waren, dass „verdünnte Salzlösungen schon wachsthumshemmend auf die Fäulniserreger wirken, dass dagegen bei längerer Einwirkung von concentrirten Laken eine Abtödtung der Fäulnisbacterien erfolgt«.

Im Anschluss hieran will ich die Resultate erwähnen, die van Ermengem[3]) über das Verhalten des Bacillus botulinus in Kochsalzlösungen angibt. Dieser obligat anaërobe Bacillus war bekanntlich von van Ermengem gelegentlich einer Massenerkrankung in Ellezelles nach Genuss eines Schinkens isolirt und ferner in der Milz eines daran Verstorbenen nachgewiesen worden. Er fand, dass ein Ueberschuss an NaCl im Nährmaterial das Wachsthum des Bacillus botulinus hemmt; »Traubenzuckerbouillon bezw. -Gelatine mit 2% Salz bleiben absolut klar.

1) a. a. O.

2) P. Boshamer, Ueber die fäulniswidrige Kraft concentrirter Salzlösungen. Dissert. Greifswald 1888.

3) van Ermengem, Ueber einen neuen anaëroben Bacillus und seine Beziehungen zum Botulismus. Zeitschr. f. Hyg., XXVI, 1897.

In Schweinefleisch wird es (das Wachsthum) sehr spärlich, sobald der Gehalt 5% übersteigt und ist gleich Null gegen 6%«. Auf Grund dieser Ergebnisse konnte van Ermengem damals die Ansicht aussprechen, dass der giftige Schinken sich wahrscheinlich in einem Salzwasser von geringerer Concentration als 6% während der Dauer der Pökelzeit befunden hatte. Da ein zweiter, vom selben Thier stammender Schinken, der über dem ersten bereits ausserhalb des Pökelwassers gelegen hatte, nach dem Genuss keine botulinischen Erscheinungen hervorrief, so war daraus der Schluss zu ziehen, dass die pathogenen Bacterien sich erst nach dem Schlachten und während des Pökelns in dem betreffenden Schinken entwickelt hatten. Dadurch, dass der infectiöse Schinken am Boden des Fasses lag und allein in das Salzwasser tauchte, waren nach seiner Meinung auch die Bedingungen für die anaërobe Entwicklung des Bacillus botulinus, und zwar nur in diesem Schinken gegeben.

Fassen wir die Ergebnisse unserer Untersuchungen über die Einwirkung des Kochsalzes auf die Fleischvergiftungsbacterien kurz zusammen, so sehen wir, dass erfolgt:

Tabelle IX.

	Entwickelungshemmung	Abtödtung in conc. Kochsalzlösung
Bacterium coli commune	zwisch. 7 u. 8% NaCl-Geh.	noch nicht nach 6 Wochen
Bac. morbificans bovis	zwisch. 8 u. 10% NaCl-Geh.	nach 3 Wochen
Bacillus enteritidis	zwisch. 7 u. 8% NaCl-Geh.	nach 4½ Wochen
Bacillus proteus vulg.	zwisch. 8 u. 10% NaCl-Geh.	noch nicht nach 3 Wochen
Bacillus botulinus [1])	bei 6% NaCl-Gehalt	—

Für die Praxis des täglichen Lebens können wir aus unseren Versuchen folgern, dass ordnungsgemässes Pökeln dem Fleische während der Dauer des Pökelprocesses einen Schutz gegen von aussen eindringende Bacterien gewährt, da eine Entwicklung solcher in der starken Salzlake ausgeschlossen ist. Weiterhin

1) Nach Angabe van Ermengem's.

wird eine Vermehrung von Bacterien, die sich vor der Procedur bereits an der Oberfläche des Fleisches befanden, durch das Pökeln verhütet. Es mufs aber, wenn man völlige Sicherheit dafür haben will, dass keine Bacterienentwicklung stattfindet, der Kochsalzgehalt der Pökellake 10% sein, da bei einem niedrigeren Procentsatz die Gefahr einer Vermehrung der Keime nicht ausgeschlossen ist. Als ungünstiges Moment für die Entwicklung von Bacterien kommt noch die niedere Temperatur — Eisschrank- oder Keller-, im schlimmsten Falle Zimmertemperatur — in Betracht, bei welcher das Pökeln gewöhnlich vorgenommen wird, doch gewährt dieselbe, wie wir erwähnten, keineswegs völligen Schutz.

Von anderer Bedeutung ist die Wirkung des Pökelns auf Fleisch, das bereits intra vitam Bacterien in sich birgt. Zunächst haben wir im Pökelfleische wie auch in anderen gesalzenen Nahrungsmitteln naturgemäss mit einem bedeutend niedrigeren Kochsalzgehalt zu rechnen als in der Salzlake. Prof. Forster[1]) gibt an, dass gepökeltes Fleisch, welches ungekocht über 6% Kochsalz enthält, bereits unangenehm salzig schmeckt. Ich selbst fand in wohlschmeckendem, rohem Schinken, der nach Angabe des Metzgers fast 3 Wochen in der Pökellake gelegen hatte, einen Salzgehalt von 6,1%. Von Serafini[2]) stammt eine Reihe von Untersuchungen über den Kochsalzgehalt verschiedener Wurstwaren; ich gebe hier einige seiner Angaben wieder: er fand in Frankfurter Bratwurst ungefähr 2% NaCl., in der stark salzig schmeckenden Mailänder Salamiwurst bis zu 8,15%, in Regensburger Wurst ½ bis 1%, in Gothaer Cervelatwurst 5 bis 6% NaCl. Serafini constatirte gleichzeitig das Vorhandensein einer Beziehung zwischen der Höhe des Kochsalzgehaltes und der Haltbarkeit der Wurstwaren. Als Hauptursache für die Conservirung bezeichnet er das Trocknen;

1) J. Forster, Ernährung und Nahrungsmittel. Handbuch d. Hygiene, herausgeg. von Pettenkofer und Ziemssen, I. Thl. 1. Abth., S. 194, 1882.

2) Serafini, Chemisch-bacteriologische Analysen einiger Wurstwaaren. Arch. f. Hyg., Bd. XIII, 1891.

Digitized by Google

dadurch aber, dass selbst schon ein Kochsalzgehalt des Nährbodens von 5% bei Zimmertemperatur die Entwicklung der Mikroorganismen verzögert, trägt derselbe dazu bei, dass die Wasserentziehung »sich bethätigen kann, bevor das Fleisch verdirbt.« Die starke Wasserentziehung vertragen die vegetativen Formen der Bacterien im Allgemeinen nur kürzere Zeit, sie verlieren dann bald ihre Keimfähigkeit und sterben ab, wie z. B. die gegen das Salzen und Schnellräuchern wenig empfindlichen Tuberkelbacillen, welche bei wiederholtem Räuchern des Fleisches oder dessen Bewahren in trockenen Räumen zu Grunde gehen[1]).

Von anderen salzhaltigen »Nahrungsmitteln« kommt noch der Caviar in Betracht, dessen Kochsalzgehalt Niebel[2]) für Astrachancaviar auf 6,15%, für den minderwerthigen Elbcaviar bis zu 11,4%, Prof. Forster nach seinen mir gemachten Mittheilungen für verschiedene Sorten auf 7 bis 8% bestimmten. Zur Zeit der Choleraepidemien in Russland und im Elbgebiete untersuchte C. Fränkel[3]) das Verhalten der bekanntlich gegen Kochsalz sehr empfindlichen Cholerabacillen im Caviar. Er konnte »zur Beruhigung« der — übrigens doch wohl nicht allzusehr den Gefahren der Cholera ausgesetzten — Caviarfreunde als Ergebnis seiner Versuche mittheilen, dass die Kommabacillen selbst in grossen Mengen auf Caviar gebracht, dessen Salzgehalt er nicht angab, im Verlaufe von 48 Stunden abgestorben waren. Ob Versuche mit dem besseren, grosskörnigen, weniger salzhaltigen Astrachancaviar das gleiche Resultat liefern, dürfte nach den Erfahrungen de Freytag's über die Entwicklungsfähigkeit der Cholerabacillen in Salzlösungen ungewiss sein.

Für die von uns geprüften, bei den sog. Fleischvergiftungen gefundenen Bacterien steht es jedenfalls fest, dass sie, wenn bereits intra vitam im Muskel vorhanden, unter keinen Umständen durch den Pökelprocess abgetödtet werden, dass viel-

1) Forster, Deutsche medic. Wochenschr., 1898. Vereinsbeilage Nr. 8.

2) Zeitschr. für Fleisch- und Milchhygiene. November 1893.

3) Hygienische Rundschau, II. Jahrg., Nr. 22, 1893.

mehr bei dem geringen Kochsalzgehalte der meisten Pökelwaaren eine Vermehrung der Keime selbst während der Dauer des Pökelns immer noch stattfinden kann.

Vom sanitären Standpunkte aus kommt neben der Gesundheitsschädigung, welche durch Infection mit bacterienhaltigem Fleisch hervorgerufen wird, noch eine solche durch Intoxication mit den giftigen Stoffwechselproducten, die bekanntlich einige der hier interessirenden Bacterien erzeugen, in Betracht. In de Freytag's Mittheilungen ist bereits darauf hingewiesen, dass durch die beim Einsalzen sich bildende Salzlake dem Fleische neben anderen in Wasser löslichen Stoffen auch die löslichen organischen Gifte grossentheils entzogen werden, indem sie in die Lake übergehen. Da andererseits unsere Versuche lehren, dass die meisten Mikroorganismen bereits durch einen verhältnismässig geringen Salzgehalt des Nährsubstrats eine Abschwächung erfahren, die sich in der Entwicklungshemmung kundgibt, so erscheint demnach die Gefahr sowohl einer Intoxication als auch einer Infection durch den Genuss abnormalen gesalzenen Fleisches geringer als beim Verbrauch desselben Fleisches in frischem Zustande; beseitigt wird aber insbesondere letztere durch das Pökeln nicht völlig. Will man sie umgehen, so ist im allgemeinen auch das gepökelte Fleisch nicht in rohem Zustande zu geniessen.

Zum Schlusse möchte ich noch die Frage aufwerfen, ob es vielleicht möglich ist, dass Bacterien, deren Entwicklung in verhältnismässig schwachen Salzlösungen bereits gehemmt wird, allmählich an das Kochsalz gewöhnt werden könnten, wie ja z. B. für manche Arten ein Anpassungsvermögen an Temperaturen, die ihnen a priori nicht zusagten, beobachtet worden ist. Ich verfiel auf den Gedanken an eine solche Möglichkeit, im Zusammenhange mit meinen eigenen Beobachtungen durch die Thatsache, dass es eine ganze Reihe von Bacterien gibt, die sich noch bei einem hohen Kochsalzgehalt des Nährbodens nicht nur lange Zeit lebensfähig erhalten, sondern sogar

Digitized by Google

eine kräftige Entwicklung zeigen. Solche salzliebenden Bacterien und Hefen, die theils in Kochsalzlösungen über 20% noch wachsen, sind auf Anregung von Herrn Prof. Forster durch Herrn Lamberts bereits vor einigen Jahren noch im Amsterdamer hygienischen Institute untersucht worden, ohne dass die Resultate bisher veröffentlicht wären. Wehmer[1]) isolirte aus der Häringslake eine Hefeart, die bei einem Kochsalzgehalte des Nährbodens (verdünnte, ungehopfte Würze) bis zu 15% eine wenn auch verzögert eintretende Entwicklung zeigte. Er zieht aus seinen experimentellen Resultaten die Schlussfolgerung, dass die Möglichkeit einer Vermehrung der betreffenden Salzhefe in der Häringslake selbst, deren Kochsalzgehalt er auf 23 bis 24% bestimmte, keineswegs ausgeschlossen ist; jedenfalls bleibt die Hefe lange Zeit in Lösungen mit 24% NaCl-Gehalt entwicklungsfähig. In Butter mit 10% Kochsalzzusatz, die bei Eisschranktemperatur gehalten wurde, wies Lafar[2]) die Entwicklung eines näher von ihm beschriebenen Bacterium butyri colloideum nach. Schliesslich erwähne ich noch Untersuchungen, die in jüngster Zeit von V. Lachner-Sandoval[3]) im hiesigen hygienisch-bacteriologischen Institute über Strahlenpilze ausgeführt wurden; Lachner fand, dass die Streptothrix albido-flava in Bouillon bei einem Kochsalzgehalt bis zu 6% üppig wächst, »eine grössere Menge Kochsalz wirkt immer ungünstiger, bei 16% ist die Entwicklung nur noch sehr schwach.«

Eine Gewöhnung der gegen Salz empfindlichen Bacterien an dieses wäre, wenn überhaupt, wohl nur durch Züchten auf Nährböden mit allmählich ansteigenden Concentrationen im Salzgehalt zu ermöglichen. In der Praxis wird man es mit solchen Verhältnissen kaum je zu thun haben; dafür spricht namentlich die uralte Erfahrung, dass Pökelfässer im Gegensatz zu Wein- und Bierfässern nach der Benutzung nicht einer so kräftigen Des-

1) a. a. O.

2) Lafar, Bacteriolog. Studien über Butter. Arch. f. Hyg., 1891.

3) V. Lachner-Sandoval, Ueber Strahlenpilze. Dissertat., Strassburg 1898.

Digitized by Google

infection wie Brennen und Pichen unterzogen werden; sie bergen eben keine an Kochsalz gewöhnten Keime in sich, die in dem in der Salzlake liegenden Fleische sich weiter entwickeln könnten. In der That wird denn auch, wie mir Prof. Forster aus den Versuchen von Lamberts mittheilt, das Innere des Fleisches von eingesalzenen Häringen u. s. w. gewöhnlich steril gefunden.

Die Veränderungen des Spreewassers auf seinem Laufe durch Berlin in bacteriologischer und chemischer Hinsicht.

Von

Marinestabsarzt Dr. **H. Dirksen** und Dr. **Oskar Spitta**.

Assistenten am Institute.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

(Mit einer Karte. Tafel I.)

1. Bacteriologischer Theil.

Unter dem Einflusse der in einen Flusslauf eingeleiteten Abgangswässer von Städten haben sich in manchen Fällen so beträchtliche Verunreinigungen der öffentlichen Wasserläufe herausgestellt, dass auch die toleranteste Ueberwachung sich mit Rücksicht auf das öffentliche Wohl zum Einschreiten gezwungen sah. Freilich geht man vielfach zu weit, wenn man nur die Verunreinigungen durch städtische Abwässer allein als die wichtigsten ansehen will.

Die Nachtheile der Flussverunreinigung machen sich naturgemäss um so eher geltend, je geringer die tägliche Wasserförderung eines Flusses im Vergleich zu der Einwohnerzahl des von ihm durchströmten städtischen Gebietes ist, und in dieser Beziehung lagen die Verhältnisse für Berlin gerade nicht sehr günstig. Die städtische Verwaltung hat daher schon frühzeitig aus den in Paris, London und in anderen Grossstädten aufgetretenen Uebelständen eine Lehre gezogen, und Bedacht genommen, die Abgangswässer erst nach der Rieselung den Flussläufen zu übergeben.

Da die Spree in Berlin, soweit dies technisch möglich ist, von den städtischen Abgängen frei erhalten wird, und da ausserdem die Beschaffenheit ihres Wassers seit 15 Jahren chemisch

und bacteriologisch näher verfolgt wurde, so eignen sich gerade die hiesigen Verhältnisse ausserordentlich gut zur Lösung der hygienisch ungemein wichtigen, bis jetzt aber nicht näher untersuchten Frage, ob es im Bereich der Möglichkeit liegt, die Reinheit eines Flusses zu erhalten, wenn man, den geltenden sanitären Anschauungen gemäss, jede Verunreinigung durch städtische Abgangswässer fernzuhalten sucht.

Die Abwässer Berlins gelangten in früheren Zeiten mehr oder minder vollständig nach der Spree; ähnlich waren die Verhältnisse in den meisten deutschen Städten, ehe das Interesse an der Flussreinhaltung durch die öffentliche Gesundheitspflege geweckt war.

Um zu verstehen, wie sich in Berlin diese allmähliche Abschliessung der Abwässer von der Spree vollzogen hat, muss man sich ein möglichst verständliches Bild der Bodengestaltung Berlins und seiner näheren Umgebung entwerfen.

Die Stadt Berlin liegt, wie Berendt[1]) ausführt, in dem mittleren der drei grossen Thäler, welche in der Einsenkung des norddeutschen Flachlandes zwischen dem mecklenburgisch-pommerisch-preussischen Höhenzuge einerseits und dem Fläming mit seiner östlichen Fortsetzung andererseits sich finden, um dann, in den weiten Moorniederungen des Havellaufes zusammenlaufend, vereint das weite untere Elbthal, d. h. den eigentlichen Urstrom Norddeutschlands zu bilden. Dieses Thal, das »Warschau-Berliner-Thal« ist bei Berlin 3,5—5 km breit und wird im Norden von dem »Barnim« genannten Plateau begrenzt, dessen Rand — wenn wir von den Rüdersdorfer Kalkbergen jenseits des Müggelsees ausgehen — über Schöneiche, Kaulsdorf, Biesdorf, Friedrichsfelde sich hinziehend, in die jetzigen nördlichen Stadttheile eintritt, wo an seinem durch grossartige Abtragungen verflachten steilen Rand ehemals die jetzt nur noch als Stationen

1) Die Anstalten der Stadt Berlin für die öffentliche Gesundheitspflege und für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Festschrift, dargeboten den Mitgliedern der 59. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte von den städtischen Behörden Berlin 1886.

Digitized by Google

der Ringpferdebahn bekannten Thore des hier endigenden Berlins (Frankfurter, Landsberger, Königs-, Prenzlauer, Schönhauser und Rosenthaler Thor) gelegen waren. Unterbrochen wird dieses Plateau bei Kaulsdorf durch die Wuhle, bei Hohen-Schönhausen durch den sog. Grenzgraben und beim Humboldtshain durch die Panke — diese drei sämmtlich der Spree zuströmend —, dann durch das der Havel zuströmende Hermsdorfer Fliess und endlich durch das breite Havelthal. Die südliche Grenze des Thales wird gebildet von dem »der Teltow« genannten Plateau, dessen von den Müggelbergen (südlich vom Müggelsee) beginnender und sofort von der »wendischen Spree« oder »Dahme« unterbrochener Rand sich weiterhin bei Glienicke, Buschkrug, den Rollbergen bei Rixdorf, der Hasenhaide und dem Kreuzberg und fernerhin bei Wilmersdorf, der Spandauer Spitze (Spandauer Bock) und dann bei Pichelswerder erkennen lässt, wo nun durch die Havel und ihre nach Süden sich anschliessenden seeartigen Erweiterungen eine breite Unterbrechung erfolgt.

Diese breite Thalmulde erhebt sich in ihrer grössten Fläche nur wenig — bis 4 m — über den Wasserspiegel der sie in trägem Laufe durchziehenden Spree und der diese aufnehmenden Havel, deren beider Spiegel nur zwischen 32 und 30,3 m Meereshöhe schwankt. Dagegen steigen die das Thal begrenzenden Hochflächen des Barnim im Norden und des Teltow im Süden sehr schnell zu einer durchschnittlich im Barnim 50 m, im Teltow etwa 47 m betragenden Meereshöhe, zeigen aber nördlich, schon 15 km vom Mittelpunkt der Stadt entfernt, auch Höhen bis zu 72 m und erreichen im Havelberg im Grunewald sogar 96,5 m Meereshöhe. Während aber der Barnim in Berlins Nähe gleichmässig weiter ansteigt, so dass es uns ganz natürlich erscheint, dass die Wasserläufe von dort ihren Weg nach der Spree oder dem Tegeler See der Havel oberhalb Spandaus nehmen, kommt vom Teltow, welcher hinter Steglitz und dem Havelberg sogleich wieder eine Abnahme seiner Höhe erkennen lässt, ausser der Dahme und dem bei Rixdorf vorbeiströmenden Wiesengraben, kein einziger oberirdischer Zufluss in die Spree oder ihre Nebenarme.

Die Spree tritt etwa 12 km oberhalb der Oberbaumbrücke aus dem grossen Müggelsee, an dessen Ufer das Städtchen Friedrichshagen liegt, vereinigt sich dann unterhalb der Stadt Cöpenick mit der wendischen Spree oder Dahme, die ihr etwa die Hälfte ihrer eigenen Wassermenge zuführt, nimmt wenige hundert Meter weiter stromab von rechts die Wuhle auf und strömt dann, ausser an einer ganzen Reihe von Bier- und Kaffeegärten, an den Ortschaften Ober-Schöneweide (rechtes Ufer), Nieder-Schöneweide und Treptow (linkes Ufer) vorbei, von denen besonders Nieder-Schöneweide reich an Fabriken ist. Sie bildet dann gegenüber Treptow, wo sie den Grenzgraben aufnimmt, eine blindsackähnliche grosse Erweiterung, den »Rummelsburger See«, an dessen Ufern die Ortschaften Stralau und Rummelsburg liegen, tritt dann, nachdem sie links den Landwehrcanal abgegeben hat, bei der Oberbaumbrücke in die Stadt ein, und ist nun bis zur »Jannowitzbrücke« mit Fabriken und Abladeplätzen für Spreekähne auf beiden Seiten dicht besetzt. Dicht oberhalb dieser Brücke, auf dem rechten Ufer, befanden sich früher die Stralauer Wasserwerke, die erste 1852 eingerichtete und 1892 aufgegebene Central-Wasserversorgungsanstalt Berlins. Etwa 1400 m unterhalb der Oberbaumbrücke — bei der Schillingsbrücke — gibt die Spree den Luisenstädtischen Canal ab, der sich mit dem Landwehrcanal, der inzwischen den von Rixdorf kommenden Wiesengraben aufgenommen hat, vereinigt und unter dessen Namen in weitem Bogen die südlichen Stadttheile und den Thiergarten durchströmt, um einige 100 m unterhalb der Berliner Weichbildgrenze innerhalb Charlottenburgs wieder in die Spree zu münden. Etwa in der Mitte seiner ganzen Länge befindet sich der Schöneberger Hafen am Hafenplatz. Die Spree macht etwa 1000 m unterhalb der Schillingsbrücke, gleich unterhalb der Jannowitzbrücke eine Biegung nach WSW. und theilt sich. Von den beiden Theilungsarmen der Spree heisst der südliche bis zur Schlossbrücke »Schleusencanal«. Dieser Canal stellte bis 1894 den einzigen Schiffahrtsweg durch das alte Berlin dar und mündet, von der Schlossbrücke an den Namen »Kupfergraben« führend, zwischen Friedrichsbrücke und Ebertsbrücke

Digitized by Goog

Grösse der Systen

Radial-System	I	=	2727720	qm	Reich
" "	II	=	3492350	"	Gütsch
" "	III	=	3897200	"	Schön
" "	IV	=	8616870	"	Schar
" "	V	=	8078020	"	Holzn
" "	VI	=	3691100	"	Urbar
" "	VII				
Berliner Gebiet		=	3077300	"	
Charlottenbg Gebiet		=	740000	"	Genth
Schöneberger Gebiet		=	337000	"	
Radial-System	VIII				
Berliner Gebiet		=	5596500	"	
Charlottenbg Gebiet		=	925000	"	Alt M
Tegeler Gebiet		=	264400	"	
Schöneberger Wiesen		=	536500	"	
Radial-System	IX				
Berliner Gebiet		=	5178900	"	Seestr
Tegeler Gebiet		=	84300	"	
Radial-System	X	=	4807800	"	Beller
" "	XI	=	4262900	"	
" "	XII				
Berliner Gebiet		=	2900000	"	
Friedrichsbg Gebiet		=	538000	"	Rudo
Boxhagener Gebiet		=	662000	"	

Länge der Druckrohrle

Radial-System	I	bis Kuppelstück		36
" "	II	"	"	96
" "	III	"	"	290
" "	VI	"	"	12?
" "	VII	"	"	16?
" "	VIII	"	"	565
" "	IX	"	"	335
" "	X	"	"	65
" "	I II u. VI v. Kpplst. b. Stndr.			1154
" "	IV bis Standrohr			143
" "	V " "			796
" "	III u. VII v. Kpplst. b. Stndr.			2304
" "	VIII. IX u. X v. " " "			847
" "	XII bis Standrohr			1256

Grösse der Rieselfelc

Osdorf, Friederikenhof, Heinersdo
Grossbeeren, Kleinbeeren, Ruhlsdo
Sputendorf, Schenkendorf, Güterg
Falkenberg, Bürknersfelde, Hellersd
Bresdorf, Kaulsdorf etc
Malchow, Blankenburg, Wartenberg
Blankenfelde, Rosenthal, Möllersh
Lindenhof, Fr. Buchholz
Buch

kräftigere Schraffirung bezeichnet.
auch.

Digitized by Google

in die Spree. Der Hauptlauf der Spree, welcher mit dem Schleusencanal die Schlossinsel bildet, war früher gleich nach der Trennung von jenem durch die Damm-Mühlen (jetzt beseitigt) aufgestaut, doch wird noch jetzt die hier endigende »Oberspree« durch die grosse Mühlendammschleuse und ein Wehr in Spannung erhalten. Die Unterspree fliesst dann unter der Kurfürstenbrücke durch, am Schloss und Dom vorbei, dann unter der Friedrichsbrücke durch und passirt, nun von links wieder den Kupfergraben aufnehmend, die Weidendammer Brücke, unterhalb deren von rechts die Panke sich hineinergiesst. Es folgen dann die Marschall- und die Kronprinzenbrücke, unterhalb deren beiderseits je eine die Spree mehrere 100 m begleitende Quaistrasse beginnt, die am rechten Ufer unterbrochen wird von dem nach Norden abgehenden Spandauer Schiffahrtscanal, der sofort das grosse Becken des Humboldthafens bildet. Dieser Canal bildet weiter nördlich den Nordhafen, in den der nördliche Pankearm mündet und läuft dann an Plötzensee vorbei, in dessen Nähe er den rückläufigen »Verbindungscanal« abgibt, der genau der Mündung des Landwehrcanals gegenüber, in die Spree mündet, nach Westen dem Tegeler See der Havel zu. Unterhalb des Abgangs des Schiffahrtscanals von der Spree befindet sich die Moltkebrücke, und unterhalb derselben folgt nun eine Strecke, auf der das rechte Ufer bis zu der beim Stadtbahnhof Bellevue die Spree kreuzenden Stadtbahnbrücke, von dem kgl. Packhof (steuerfreie Niederlage) und seinen Quaianlagen, dem riesigen Güterbahnhof der Lehrter Eisenbahn mit vielen Abladeplätzen für Kähne und weiterhin dem Fourage-Magazin des Proviantamts eingenommen wird, während links nur noch wenige Häuserviertel, dann der Thiergarten und der Park des Schlosses Bellevue folgen. Unterhalb der Stadtbahn tritt rechts der Stadttheil Moabit mit vielen Fabriken und links das keilförmig in den Thiergarten hineingebaute sog. Hansa-Viertel (Stadttheil 284) heran (s. die anliegende Karte[1]). Einige hundert

1) Die anliegende Karte entspricht dem Zustande des Jahres 1898, deckt sich aber in allen wesentlichen Punkten mit den in der vorliegenden Arbeit geschilderten Verhältnissen.

Meter weiter unten tritt die Spree in das Gebiet der Stadt Charlottenburg ein und passirt, nach Aufnahme des Landwehrcanals von links und des Verbindungscanals von rechts, bei der »Spandauer Spitze« das neue Stauwerk, um von dort an in langsamem Laufe der Havel zuzustreben, in welche sie sich in Spandau ergiesst.

Was die Wassermenge, welche die Spree nach ihrer Vereinigung mit der Dahme führt, angeht, so ergibt sich Folgendes: Directe Wassermessungen stellte im Frühjahr 1876 Baurath Dietrich bei Hochwasser an und kam zu dem Ergebnis, dass die Spree bei ihrem höchsten Stande 162 cbm in der Secunde abführe. Von dem letzteren Betrage werden zugewiesen:

Dem Kupfergraben (Gerinne an den ehem. Werder-schen Mühlen)	rund	25 cbm
Dem Landwehrcanal (Freiarche a. d. oberen Schleuse)	»	15 »
Dem Hauptlauf (Damm-Mühlenwehr)	»	121 »

Daher führt die Unterspree bei Hochwasser:

Von den Damm-Mühlen bis zur Einmündung des Kupfergrabens	122 cbm
Von da bis zur Einmündung des Landwehrcanals	147 »
Von da bis Spandau	162 »

»Bei den niedrigsten Wasserständen geht die Wasserführung bis auf 13 cbm in der Secunde zurück; davon gelangen aber nach Berlin nur 8 cbm, weil 3 cbm durch das zur Speisung des Oder-Spree-Canals dienende Pumpwerk bei Neuhaus und 2 cbm durch die städtischen Wasserwerke am Müggelsee vorher abgenommen werden. Jene 8 cbm reichen eben aus, um die in Betracht kommenden vier Schleusen: am Mühlendamm, im Schleusencanal (Kupfergraben) und die beiden an der Spree liegenden Schleusen des Landwehrcanals zu speisen.« Die Wasserführung der Spree ist also ungemein gering, wir erinnern daran, dass die Seine bei Niederwasser 45 Sec.-cbm, die Isar bei München 41, der Rhein bei Lauterburg 46 Sec.-cbm führen. Glücklicherweise sind solche Wasserstände ausserordentlich selten, kommen aber

Digitized by Google

doch in manchen Jahren vor. 1891 wurden[1]) im März 118,13 cbm, im Mai einmal 70,10, einmal 52,59 cbm gefunden. 1892 stieg die Menge vom Januar bis Ende Februar von 67 cbm auf 129 cbm und ging dann bis zum 1. Juli auf 14,03 cbm herunter und betrug, nach einer Steigerung bis 19,61 cbm, am 14. August wieder 14,87 cbm. Im Jahre 1894 wurde erst am 3. April gemessen und eine Menge von 53,63 cbm festgestellt. Bei mehrfachen Messungen im Sommer desselben Jahres wurden als Minimum 21,87 cbm beobachtet.

Hierbei darf aber ein besonders bei abnorm niedrigen Wasserständen wichtiger Umstand nicht ausser Acht gelassen werden, nämlich, dass ein Theil des bei den eben erwähnten Messungen unterhalb Charlottenburgs mitgemessenen Wassers von den regelmässigen Zuflüssen reinen Wassers stammt, welche sowohl die Spree als ihre Canäle während ihres Laufes durch die Stadt in Gestalt von verbrauchtem Kühlwasser und Condensationswasser (mindestens 0,7 Sec.-cbm) aus allerlei Fabrikbetrieben bekommen, und das mit verschwindend wenigen Ausnahmen nicht aus den öffentlichen Wasserläufen, sondern aus Tiefbrunnen entnommen wird.

Wir wollen nun daran gehen, in aller Kürze nach dem amtlichen Quellenmaterial, die allmähliche Entlastung der Spree von städtischen Abzugswässern durch den fortschreitenden Ausbau des Sielsystems und der Rieselfelder, soweit sie für unsere Frage von Einfluss erscheint, darzustellen. Bezüglich der früheren Abfuhrverhältnisse in Berlin und des allgemeinen Planes der von Hobrecht durchgeführten Berliner Schwemmcanalisation sei auf die Schilderung G. Franks[2]) verwiesen.

Die Lage der Radialsysteme und der Pumpstationen (letztere durch die dicken, schwarzen Punkte angedeutet) ist aus anliegender Karte ersichtlich. Im Jahre 1873 war zuerst der Bau

1) Die nachfolgenden Zahlen verdanken wir der Liebenswürdigkeit der Herren von der I. Wasserbau-Inspection.

2) Zeitschr. f. Hygiene u. Infect.-Krankheiten, 3. Bd., 1888.

Digitized by Google

des Radialsystems III in Angriff genommen worden, im Jahre 1875 der Bau der Radialsysteme I und II und im Jahre 1876 der des Radialsystems IV, und nachdem auch die zur Berieselung bestimmten Güter, im Süden Osdorf-Friederikenhof (für die Systeme I, II, III) im Norden Falkenberg-Bürknersfelde für die Systeme IV und V erworben und aptirt worden waren, konnte bereits 1876 im Radialsystem III, 1878 in den Systemen I und II, 1879 im System IV und 1881 im System V mit dem regelmässigen Betriebe begonnen werden. Ganz fertig ausgebaut waren dieselben allerdings erst einige Jahre später, das letzte (V) erst im Januar 1883. Angeschlossen waren am Ende des Jahres 1882: 10468 Grundstücke und am 31. März 1883: 10549 Grundstücke,

wovon	1307	auf	das	Radialsystem	I,
»	2824	»	»	»	II,
»	2978	»	»	»	III,
»	2897	»	»	»	IV,
und	543	»	»	»	V

entfielen, während besonders im Gebiete der Systeme IV und V ausserdem noch eine grosse Anzahl nicht angeschlossener Grundstücke auf dem Umwege durch die Rinnsteine nach den Strassenleitungen und damit nach den Pumpstationen entwässerte. Die geförderten Wassermengen betrugen nur im System V weniger als 10000 cbm (8000—8800 cbm) pro Tag, bei den übrigen 13200 bis 18141 cbm im Tage. Die Rieselung war anfänglich sehr intensiv, indem für die Systeme I, II und III auf ein Hektar die Dejekte und Hausabwässer von 479 Menschen, für die Systeme IV und V aber von 393 Menschen entfielen. Betrachten wir nun die Entwässerungslinien der beiden Reihen von Rieselgütern, so sehen wir (wie schon oben geschildert), dass das von den südlichen Rieselgütern abfliessende Wasser infolge der nach Süden gerichteten Neigung des Geländes sich in die Nuthe ergiessen muss, sodass diese Drain-Wässer uns bei der Frage der möglichen Verunreinigung der **Spree** nicht mehr zu beschäftigen brauchen. Anders liegt die Sache bei den nördlichen Riesel-

gütern. Die Vorfluthgräben dieser Reihe von Gütern sind nämlich folgende:

a) Die Wuhle, die sich etwa 500 m unterhalb der Stadt Cöpenick in die Spree ergiesst, für einen Theil des Gutes Falkenberg und die Ahrenfelder Ländereien.

b) Der Hohenschönhausen-Marzahner Grenzgraben, auch Kraatzgraben genannt, welcher auf der Feldmark Falkenberg beginnend, dem Rummelsburger See (6 km) zufliesst, für Falkenberg, Bürknersfelde und die Marzahner Pläne.

Im Jahre 1882 wurden noch im Ganzen 2387,9 ha Landerwerbungen für Rieselzwecke gemacht.

Da erliess plötzlich auf die Klagen der Bewohner der von der Panke durchströmten Ortschaft Pankow und auf ministerielle Anordnung der Regierungspräsident von Potsdam ein Verbot, die neu gekauften Güter zu berieseln, ehe nicht die landespolizeiliche Genehmigung eingeholt sei. Auf die Vorstellungen der Stadtverwaltung, dass die Güter Falkenberg und Bürknersfelde durch die übermässige Belastung mit Rieselwasser zu versumpfen drohten und dadurch ungenügend gereinigtes Drainwasser in die Wuhle und den Grenzgraben und damit in die Oberspree gelangen müsse, setzten die betheiligten Minister eine Ministerialcommission ein, welche mit der Ausführung der chemischen und bacteriologischen Untersuchung der in Frage kommenden Wässer den Professor Dr. Tiemann und Dr. Robert Koch betraute. Es fanden sich bei dieser für die Zeit vom 1. April 1882 bis 31. März 1883 durchgeführten Untersuchung im Cubikcentimeter folgende Mengen entwickelungsfähiger Keime:[1])

I. Spüljauche aus dem Druckrohr in Falkenberg .	38 000 000	Keime
II. Mitte des nördlichen Sielgrabens	87 000	»
III. Südlicher Sielgraben, 20 Schritte oberhalb seiner Mündung in die Wuhle	409 000	»
IV. Wuhle am Kreuzungspunkt mit der Landstrasse	55 000	»
V. Grenzgraben beim Austritt aus dem Rieselterrain	210 000	»

1) Bericht der städt. Deputation für die Verwaltung der Canalisationswerke etc. Anlage A.

Digitized by Google

VI.	Grenzgraben bei seiner Einmündung in den Rummelsburger See	80 000 Keime
VII.	Rummelsburger See, 40 Schritte unterhalb der Mündung des Grenzgrabens	32 000 »
VIII.	Rummelsburger See in der Nähe der Eiswerke	43 000 »
IX.	Spree oberhalb Cöpenick	82 000 »
X.	Spree, 200 Schritte oberhalb der Wuhlemündung	115 000 »
XI.	Wuhle, 200 Schritte oberhalb ihrer Mündung in die Spree	52 000 »
XII.	Spree, 200 Schritte unterhalb der Wuhlemündung	118 000 »
XIII.	Stralauer Wasserwerke vor der Filtration . .	125 000 »
XIV.	Stralauer Wasserwerke nach der Filtration . .	120 »

Diese Zahlen können wir indess nach dem heutigen Stande unseres Wissens über die Vermehrung der Bacterien im Wasser nicht als durchaus zuverlässig ansehen, weil in dem Bericht ausdrücklich angegeben ist, dass die Entnahme dieser 14 Wasserproben am 9. und 11. Januar stattfand, dass die Verarbeitung derselben — nach Aufbewahrung im Keller — aber erst am 12. Januar in Angriff genommen wurde.

Als Erklärung für die auffallend hohen Zahlen, die in dem Spreewasser bei Bellevue, Charlottenburg und Spandau erhalten wurden, wird in dem Bericht eine vorübergehende Trübung des Wassers und Aufwühlen des Grundschlammes durch Dampfschiffe oder andere Fahrzeuge vermuthet.

Aus diesen Zahlen, die vermittelst der gerade damals von Koch angegebenen 10proc. Gelatine-Platten gewonnen wurden, ging nun aufs klarste hervor, dass von einer Einleitung der Drainwässer der Rieselgüter in die Panke statt einer Verschlechterung vielmehr eine Verbesserung ihres Wassers erwartet werden müsste, denn dieses wasserarme Gewässer, das von Bernau an schon die Schmutzwässer einer ganzen Anzahl von Ortschaften und von 12 Gerbereien aufgenommen hatte, wurde durch die Ortschaft Pankow, die ihren gesammten Unrath hineinleitete, in einer geradezu unerhörten Weise verunreinigt, und konnte daher durch Zuführung der reinen Drainwässer nur gewinnen. Das Verbot der Berieselung der neuen Rieselgüter wurde denn auch sofort aufgehoben. Des Ferneren war aus den Ergebnissen der Koch'schen Bacterienzählung des Spreewassers noch ersichtlich,

Digitized by Google

dass die Spree, schon vor der Einmündung der Wuhle recht erheblich verunreinigt, bei ihrem Laufe durch die Stadt Berlin immer mehr mit Bacterien beladen wurde, und dass namentlich die Panke recht beträchtlich dazu beitrug.

In den drei Jahren, welche nun bis zu der erneuten systematischen Untersuchung des Spreewassers auf seinen Bacteriengehalt durch G. Frank verflossen, wurde an der Assanirung Berlins rüstig weiter gearbeitet. Zunächst wurde der Ausbau der Canalisation eifrigst gefördert, und im Bereich des Radialsystems IV besonders darauf Bedacht genommen, durch Anschluss der an der Panke gelegenen Grundstücke die Reinhaltung derselben zu fördern. Aber auch durch Regulirung ihrer Sohle, Ableitung des von Pankow kommenden Schmutzwassers in den Nordhafen und Einleitung des Condensationswassers der dort in der Nähe gelegenen Pumpstation IV in den südlichen, der Spree zufliessenden Pankearm suchte die Stadtverwaltung die Verunreinigung des Spreewassers durch die Panke zu vermindern. In den Radialsystemen I, II, III, IV und V wurde die Entwässerung zum Abschluss gebracht, und in den südlich vom Landwehrcanal gelegenen Radialsystemen VI und VII, deren Bebauung damals einen grossartigen Aufschwung genommen hatte, soweit vorbereitet, dass im Jahre 1885 schon eine grosse Zahl von Grundstücken angeschlossen werden konnte.

In den Jahren 1883 bis 1885 kam ferner ein grossartiges Werk wenigstens zur theilweisen Ausführung, das zwar in erster Linie die Interessen der Grossschiffahrt fördern sollte, in zweiter Linie aber auch der Gesundheitspflege Berlins unzweifelhaft von grossem Nutzen gewesen ist, nämlich die Canalisirung der Unterspree. In dieser, die ja seit Jahrhunderten schon alle aus der Stadt abfliessenden Unreinigkeiten hatte aufnehmen müssen, hatte durch die Absetzung der Sinkstoffe unterhalb der Stadt allmählich eine so starke Hebung ihres Bettes stattgefunden, dass die Vorfluth dadurch in hohem Maasse beschränkt wurde und sich namentlich bei Hochwasser empfindliche Uebelstände herausstellten. Um der Schiffahrt die Benutzung der Spree bis in

die Stadt hinein doch möglich zu machen, hatte man bisher die Stauvorrichtung am Mühlendamm benutzt, um möglichst viel Wasser in der Oberspree aufzuspeichern, und dieses dann im Bedarfsfall der Unterspree zuzuführen. Dieser häufige Wechsel zwischen künstlichem Hochwasserstand und rapider Absenkung hatte aber einerseits so erhebliche Anstauungen des Grundwassers in der Umgebung der Oberspree zur Folge, dass das Grundwasser in bewohnte und unbewohnte Keller drang, und andererseits die Entwickelung höchst lästiger Gerüche in dem durchfeuchteten Erdreich, wenn der Wasserspiegel gesenkt wurde. Es wurde daher, da Buhnenbauten bei der geringen Strömung und Breite der Spree keinen Erfolg gehabt hatten, eine grosse Stauanlage bei Charlottenburg geschaffen und der Flusslauf von da bis Spandau in der Weise regulirt, dass die Sohle des Flusses bis auf 1,50 m unter dem niedrigsten Havelwasserstand bei Spandau vertieft wurde.

Im Jahre 1885 kamen auch zwei für die künftige Reinhaltung der Unterspree höchst wichtige Beschlüsse zu Stande, nämlich der Entschluss der Charlottenburger Stadtvertretung, die Schwemmcanalisation mit Rieselfeldern einzuführen, und der Vertrag dieser Behörde mit der Berliner Stadtvertretung, demzufolge der Theil des östlichen Stadtgebiets von Charlottenburg, welcher sich in der Kurfürstenstrasse unmittelbar an Berlin anschliesst, in die Canalisation des Radialsystems VII von Berlin aufgenommen wurde. Während aber der Anschluss der bezüglichen Grundstücke an die Berliner Canalisation sehr bald zur Ausführung kam, konnte der Bau der eigenen Charlottenburger Canalisation erst im Jahre 1886 und der Betrieb erst am 1. Oktober 1890 begonnen werden.

Im April 1886 begann Georg Frank seine chemische und bacteriologische Untersuchungsreihe des Spreewassers, die er in dem oben bereits angeführten, unter Berücksichtigung und Würdigung aller einschlagenden Verhältnisse mustergültig geschriebenen Aufsatz niederlegte. Er liess vom April bis Ende 1886 alle 14 Tage, dann alle 4 Wochen aus dem Hauptlauf der Spree an sieben Berliner Brücken, beginnend

Digitized by Google

mit der Oberbaumbrücke und endigend mit der Moabiterbrücke, und im Landwehrcanal an zwei Stellen (Hafenplatz resp. Schönebergerbrücke und Lichtensteinbrücke) und dann noch bei Ruhleben, und in der Havel in Spandau selbst, in Pichelswerder, in Gatow, Cladow und Sacrow — wo die Havel sich nach ihrer 10 km langen, seeartigen Erweiterung wieder verengt — schöpfen[1]). Er bevorzugte in Berlin die Stellen, wo die Radialsysteme an einander stiessen. Leider liess er oberhalb Berlins gar nicht schöpfen, »weil an dem dicht oberhalb der Stadt gelegenen Stralauer Wasserwerk von Proskauer regelmässige Bacterienzählungen vorgenommen wurden.« Da dort das Rohwasser jedoch nicht von der Oberfläche entnommen wurde und die Untersuchungen nicht einmal immer an demselben Tage stattfanden, so ist ein Vergleich kaum möglich. Die erste und die zwei letzten (an der Moltke- und Moabiter-Brücke), sowie die im Landwehrcanal gewählten Schöpfstellen lagen im Bereich noch nicht vollkommen canalisirter Stadttheile.

Ueberblickt man die Ergebnisse der Frank'schen Arbeit, so findet man, dass die Spree an der Oberbaumbrücke, namentlich im Sommer, schon ziemlich stark verunreinigt, nämlich mit mehreren Tausend lebensfähigen Keimen pro Cubiccentimeter beladen in die Stadt eintrat, und im allgemeinen immer stärker mit Keimen beladen wurde, je weiter sie vorrückte. Am stärksten in dem Hauptlauf der Spree tritt fast jedesmal die Verunreinigung an der Moltkebrücke hervor, im Bereich des noch nicht canalisirten Stadttheils Moabit, was Frank einem dort mündenden alten Canal zuschreibt. Hie und da war schon an der Ebertsbrücke, wo der Kupfergraben sich wieder mit der Spree vereinigt hatte, eine deutliche Steigerung der Keimzahl erkennbar, während von einer beträchtlichen Verunreinigung durch die Panke an der nächstfolgenden Entnahmestelle — der Marschallbrücke — nichts mehr erkennbar war. Dass bei Ruhleben, wo einerseits der mit den Schmutzwässern des nördlichen Pankearms beladene rückkehrende Arm des Spandauer Schifffahrtscanales, ferner der Landwehrcanal und andererseits auch

1) Vergl. in Betreff der Schöpfstellen die Karte.

Digitized by Google

der berüchtigte, mit den Schmutzwässern von Charlottenburg, Schöneberg und Wilmersdorf beladene »schwarze Graben« in die Spree mündete, meist mehrere 100 000 Keime und in Spandau noch mehr, einmal bis zu $2^1/_2$ Millionen Keime gefunden wurden, kann uns nicht befremden. Dagegen befremden im Vergleich zur Spree doch die recht hohen Keimzahlen (im Sommer regelmässig an beiden Stellen ein bis mehrere Hunderttausende, einmal an der Lichtensteinbrücke sogar $1^1/_2$ Millionen), die Frank im Landwehrcanal fand. Allerdings führte damals noch der Wiesengraben den grössten Theil der Abwässer der mächtig anwachsenden Ortschaft Rixdorf dem Landwehrcanal zu, dessen Wassermenge, wie Frank hervorhebt, ja kaum den vierten Theil der Spree ausmachte, während ihm andererseits viel grössere Schmutzmassen aufgebürdet wurden. Auch weist er auf den starken Schiffsverkehr, und die nothwendiger Weise ein erneutes Aufwühlen des bereits abgesetzten Grundschlammes herbeiführende Art der Fortbewegung der Schiffe durch Stangen hin, ist aber geneigt, die im Herbst und Winter eingetretene, nicht unbeträchtliche Verminderung der Keimzahlen (auf 19000 bis 40000) doch mit der wachsenden Zahl der im Laufe des Untersuchungsjahres in den Radialbezirken VI und VII angeschlossenen Häuser zu erklären, wie er überhaupt den Nothauslässen der Canalisation (besonders den selbstthätigen) die grösste Rolle bei der Verunreinigung der Berliner Wasserläufe zuweist und besonders hervorhebt, dass von 85 Nothauslässen sämmtlicher Radialsysteme damals 43, darunter von sieben Pumpstationen allein fünf grössere, in den Luisenstädtischen bezw. Landwehrcanal mündeten.

Unterhalb Spandau, in dem weiten Seebecken der Havel, haben die Frank'schen Untersuchungen einen gewichtigen Beitrag zur Selbstreinigung der Flüsse geliefert, denn bei Sacrow fand sich das Havelwasser, namentlich im Sommer, oft ebenso rein oder noch reiner als das Spreewasser an der Oberbaumbrücke, obgleich es bei Gatow und selbst noch bei Cladow oft noch Hunderttausende von Keimen enthalten hatte.

Digitized by Google

Ehe wir nun darangehen, unsere eigenen Untersuchungsergebnisse mit den Frank'schen zu vergleichen, möge ein kurzer Hinweis auf die seit den verflossenen 10 Jahren in den an oder nahe der Oberspree und dem Landwehrcanal gelegenen Vororten stattgehabten Veränderungen gestattet sein. In dieser Hinsicht interessirt uns zunächst ein Vergleich der Bevölkerungsziffern der unmittelbar an der Oberspree gelegenen Ortschaften.

Es stieg die Einwohnerzahl vom 1. XII. 1885 bis zum 1. XII. 1895:

in Cöpenick	von	11 357	auf	17 387
» Ober-Schöneweide . .	»	207	»	626
» Boxhagen-Rummelsburg	»	5 628	»	16 427
» Stralau	»	735	»	1 567
» Lichtenberg	»	5 364	»	28 865
» Nieder-Schöneweide . .	»	915	»	10 962
» Treptow	»	1 085	»	1 835.

Lichtenberg haben wir mit aufgenommen, weil seine Abwässer durch einen Graben, genannt »Kuhgraben«, in den Rummelsburger See münden (was die von Friedrichsfelde durch den Grenzgraben allerdings auch thun), nachdem sie nach Röckner-Rothe'schem System »geklärt« sind. Schlimm genug sieht es aber immer noch aus. Von den anderen genannten Orten besitzt nur noch Rummelsburg eine Art »Klärung«. Die geklärten Abwässer gehen durch die Vorfluthgräben in die Spree, und wir werden wohl nicht fehlgehen, wenn wir annehmen, dass mit alleiniger Ausnahme der fast überall mittelst Tonnensystem-Abfuhr entfernten Fäkalien die sämmtlichen Hausabwässer jener Orte in die Spree gelangen. Wichtig ist auch ein Hinweis auf die Fabriken an der Oberspree: in Cöpenick bestanden schon 1886 und bestehen noch drei grosse Dampfwaschanstalten mit zusammen 176 Angestellten. Dann folgt die Färberei von Spindler mit 1886 Angestellten, die nach einem missglückten Versuch, die Fabrikabwässer durch Rieselung über eine grosse Wiese zu reinigen, dieselben jetzt in drei grossen Becken unter Zusatz von Chemikalien klärt, ferner auf dem rechten Ufer einige Erfrischungslocale und kleinere Fabriken, während mehrere grössere (u. A. eine riesige Centrale der Electricitäts-Gesellschaft

Digitized by Google

mit Kabelfabrik, die später 1500 Arbeiter beschäftigen soll und eine Messingfabrik) noch im Bau sind. Dann folgen in Nieder-Schöneweide eine grosse chemische Fabrik mit 686 Arbeitern, zwei Textilfabriken, eine mit über 600, eine mit 1000 Angestellten, sowie eine Reihe kleinerer Betriebe, von denen ein Bauholzgeschäft mit Kunstsandsteinfabrication 250 Arbeiter beschäftigt, während eine grosse Kattunfabrik seit einiger Zeit wegen Umbaus still steht. In Boxhagen-Rummelsburg gruppiren sich um den Rummelsburger See herum vier zwischen 1865 und 1886 in Betrieb gesetzte grosse Textilfabriken, nämlich eine Plüschfabrik mit früher 630, jetzt 850 Leuten, eine Teppichfabrik mit früher 290, jetzt 500 Leuten, eine Appretur und Färberei mit etwa 300 und eine Jute-Spinnerei und Weberei mit 868 Arbeitern bezw. Arbeiterinnen. Daneben findet sich eine Eisfabrik, die jetzt 200 Pferde auf ihrem Grundstück stehen hat, eine Brauerei, eine Anilinfabrik und eine Reihe kleinerer mit Eisengiesserei, Maschinenbau, Möbelfabrication, Flaschenherstellung, Mörtel- und Asphaltindustrie beschäftigter, erst 1889 und 1890 entstandener Fabrikbetriebe mit zusammen etwa 800 bis 900 Arbeitern, während eine grosse Palmkernöl- und Schwefelkohlenstoff-Fabrik seit Jahren ausser Betrieb ist. Diese sämmtlichen Fabriken müssen ihre, wenn irgendwie verdächtigen Abwässer erst »klären«, ehe sie dieselben in die Spree bezw. den Rummelsburger See einlaufen lassen, doch ist die Controle natürlich äusserst schwierig. Erwähnung verdient ferner noch, dass sich bei Rummelsburg der Viehbahnhof und ein umfangreicher Geflügelmarkt, letzterer zum Theil hart am Ufer des Sees gelegen, befinden, und dass die beiden dort auf einem grossen Grundstück am Seeufer vereinigten städtischen Anstalten, das Arbeitshaus und das Waisenhaus, ihre sämmtlichen Abwässer auf ein kleines Rieselfeld bringen, das, zwischen Frankfurter Chaussée und dem Seeufer sich hinziehend, einige Meter über dem Wasserspiegel des Rummelburger Sees gelegen ist. Eine in Treptow gelegene Anilinfabrik hat einen Vertrag mit der Berliner Stadtverwaltung abgeschlossen, demzufolge sie ihre Abwässer der Berliner Canalisation übergeben darf.

Was die Beseitigung der Abwässer aus den übrigen Vororten Berlins betrifft, welche früher die öffentlichen Wasserläufe Berlins in sehr starker Weise verunreinigten, so ist zunächst Rixdorf hervorzuheben, das seit einigen Jahren eine unterirdische Schwemmcanalisation mit Rieselfeldern (bei dem Dorfe Wassmannsdorf) eingerichtet hat, sodass es nur noch bei starken Regenfällen genöthigt ist, den in den Landwehrcanal mündenden Wiesengraben als Nothauslass zu benutzen. Allerdings ist das Canalnetz von Rixdorf noch nicht vollständig ausgebaut, denn ein Erweiterungsbauplan liegt zur Zeit den zuständigen Behörden zur Begutachtung vor.

Das im Norden von Berlin gelegene Pankow, jetzt ein Ort mit mehr als 14000 Einwohnern, hat dagegen eine Canalisation mit Klärsystem nach Röckner-Rothe eingeführt, von der die oberirdisch der Panke zufliessenden Meteorwasser ausgeschlossen sind. Die Ableitung der geklärten Schmutzwässer erfolgt in die Panke und scheint zu gesundheitlichen Bedenken keinen Anlass zu bieten.

Die Reinhaltung der Panke, aus deren Bett 1886/87 von zwei besonders dazu angestellten Arbeitern nicht weniger als 776 Fuhren à 2 cbm (1892/93 noch 29, 1893/94 aber nur noch 8 Fuhren und seitdem keine mehr) herausgeschafft worden waren, wird seit 1891 besonders dadurch erleichtert, dass eine durch eine Mühle früher bedingte Stauung so gut wie ganz behoben ist. Allerdings hat es den Anschein, als ob der Schlamm jetzt durch das schneller strömende Wasser nun weiter fortgeführt und schliesslich im Nordhafen abgelagert wird, wo sich 1896 zum Schaden der Schiffahrt eine Schlammbank von nicht weniger als 1,5 m Mächtigkeit gezeigt hat.

In den Jahren 1888 bis 1894 wurde dann auch die Canalisation der Unterspree durch den Umbau des Damm-Mühlenstauwerks und die Durchführung einer grossen Schiffsschleuse daselbst beendet. Dadurch wurde es möglich, die zukünftigen Hochwässer gegenüber den bisher bekannten höchsten Wasserständen in der Oberspree um etwa 1,5 m, in

der Unterspree am Mühlendamm um rund 1 m, an der unteren Weichbildgrenze um rund 0,6 m zu senken (Berlin und seine Bauten 1896 Bd. I, S. 85), sodass das Eindringen von Stauwasser in die Keller der Grundstücke, im Bereich der Oberspree, nahezu unmöglich gemacht wurde. Damit wurde, um die nöthige Wassertiefe für den neuen Grossschiffahrtsweg herstellen zu können, eine sehr energische Baggerung nicht nur von der Jannowitzbrücke bis zum Mühlendamm, sondern auch vom Mühlendamm bis etwa zur Ebertsbrücke nöthig, und dadurch naturgemäss eine gründliche Reinigung dieses Theiles des Flussbetts von abgesetztem Schlamm herbeigeführt. Daran schloss sich dann die Errichtung von nahezu 1400 m langen, steinernen Ufermauern an der Unterspree, die natürlich im Interesse der Reinhaltung des Flussbettes auch mit Freude begrüsst werden musste.

Wenden wir uns nun zu dem Zustande der Berliner Canalisation vor Beginn unserer Untersuchungen, so können wir aus der Tabelle I auf S. 101 ersehen, welche gewaltigen Fortschritte die Beseitigung der Abwässer in den 10 Jahren seit Dr. G. Frank's Untersuchungen gemacht hat.

Der Ueberschuss in der Anzahl der angeschlossenen gegen die Zahl der vorhandenen bebauten Grundstücke am 2. December 1895 im Gebiet der Radialsysteme II, III und IV dürfte sich, wie schon G. Frank hervorhebt, daraus erklären, dass die öffentlichen Bedürfnisanstalten in den Listen der Canalisationsverwaltung als angeschlossene Grundstücke nachgewiesen werden. Wir erkennen aus dieser Tabelle, dass die Radialsysteme I bis IV, VI und VII, X und XII ungefähr vollständig, die Systeme V, VIII und IX zum grössten Theil ausgebaut sind, das System XI dagegen noch gar nicht in Angriff genommen ist und ausser Betracht bleiben kann. Jedenfalls waren laut Tabelle I am 2. December 1895 in ganz Berlin von rund 24000 vorhandenen bebauten Grundstücken mit rund 1675000 Einwohnern nur etwa 600 Grundstücke mit nicht ganz 50000 Einwohnern noch nicht an die Canalisation angeschlossen. Doch verminderte sich diese Zahl in dem folgenden Jahre wieder

beträchtlich, da am 1. December 1896 24314 angeschlossene Grundstücke gezählt wurden.

Tabelle I[1]).

Nach der Volkszählung vom 1. December 1885				Nach der Volkszählung vom 2. December 1895		
Nummer des Radialsystems	Zahl der bebauten Grundstücke	Ortsanwesende Bevölkerung	Zahl d. angeschloss. Grundstücke	Zahl der bebauten Grundstücke	Ortsanwesende Bevölkerung	Zahl der angeschlossenen Grundstücke
I	1 459	143 123	1 398	1 796	180 831	1 768
II	2 882	169 935	2 880	2 852	156 903	2 926
III	2 973	102 957	3 038	2 847	88 531	3 113
IV	4 586	300 941	4 332	5 111	347 549	5 230
V	3 532	285 093	3 327	4 102	330 101	3 994
VI	1 843	99 445	57	1 800	147 933	1 723
VII	1 276	73 417	882	1 496	90 142	2 152 (davon Berlin . . 1 463, Charlottenbg. 446, Schöneberg 214)
VIII	644	48 258	—	1 446	127 854	1 654
VIII a	78	2 432	—	315	14 526	
IX	356	20 343	—	496	36 933	410
X	687	56 612	—	1 369	123 686	1 295
XI	23	667	—	88	6 852	—
XII	185	9 062	—	283	21 902	417 (davon Berlin . . . 269, Lichtenberg . 142)
Mühlendamm	26	430	—	—	—	—
Schifferbevölkerg.	—	2 527	—	—	3 561	—
Summe	20 050	1 315 287	15 914	24 001	1 677 404	Berliner: 23 845, Fremde: 803

Uns wurde im Juni 1896 von unserm hochverehrten Chef, Herrn Professor Dr. M. Rubner, dem wir auch an dieser Stelle unseren wärmsten Dank für seine Anregung und Förderung bei dieser Arbeit aussprechen möchten, der Auftrag gegeben, die von anderer Seite in früheren Jahren vorgenommenen bacteriologischen und chemischen Spreewasserunter-

1) Diese Zahlen verdanken wir der Liebenswürdigkeit des Herrn Stadtbauinspectors Adams.

suchungen wieder aufzunehmen, und an denselben Orten innerhalb Berlins, in denselben Zeitabständen, und zu derselben Tageszeit wie G. Frank die Proben entnehmen zu lassen, um festzustellen, inwieweit die Entwickelung der Stadt und ihrer Entwässerungsverhältnisse auf die Beschaffenheit des Flusslaufs eingewirkt haben. Von den unterhalb Berlins gelegenen Frankschen Schöpfstellen wurde nur Sacrow beibehalten, dagegen als neuer Schöpfort oberhalb Berlins das mit der Eisenbahn leicht erreichbare Grünau an der Dahme hinzugefügt, oberhalb dessen sich weder nennenswerthe Ortschaften, noch Fabriken befinden. Im Müggelsee, oberhalb Friedrichshagen zu schöpfen, verbot sich durch die schlechte Eisenbahnverbindung und dem Mangel an Personal. Doch liegen von dort ja die in dem neuen Berliner Wasserwerk (an dem allerdings aus der Tiefe von mehreren Metern angesaugten Rohwasser) vorgenommenen Untersuchungen vor.

Wie wir weiter unten sehen werden, ist die Wahl der Schöpforte seitens des Dr. Frank eine recht glückliche gewesen, sodass wir nicht nur des directen Vergleichs wegen dieselben beibehalten haben, wenn auch manche Gründe, die für Dr. Frank's Wahl bestimmend waren, längst in Wegfall gekommen sind (wie z. B. Grenzen ausgebauter und noch unausgebauter Radialsysteme).

Es wurde also in den Morgenstunden zwischen 7 und 10 Uhr an folgenden Stellen geschöpft:

Oberhalb Berlins in der Dahme: bei Grünau.

Innerhalb Berlins in der Spree:

an der Oberbaumbrücke,
» » Jannowitzbrücke,
» » Friedrichsbrücke,
» » Ebertsbrücke,
» » Marschallbrücke,
» » Moltkebrücke,
» » Moabiterbrücke.

Innerhalb Berlins im Landwehrcanal: am Hafenplatz und an der Lichtensteinbrücke.

Unterhalb Berlins in der Havel: bei Sacrow.

Von der Wasserentnahme an den andern unterhalb Berlins gelegenen Orten, wo G. Frank seiner Zeit auch noch Wasser hatte schöpfen lassen, also Ruhlebener Schleuse, Spandau, Pichelsdorf, Gatow und Cladow wurde diesmal Abstand genommen, weil wegen der (mit Ausnahme von Spandau) schlechten Verbindungen gar keine Aussicht war, das geschöpfte Wasser wenigstens innerhalb von 2 Stunden nach der Entnahme zur Verarbeitung ins Laboratorium zu bekommen, und weil die für diese Orte gefundenen Keimzahlen für Berlin kein besonderes Interesse beanspruchen konnten. Dagegen wurde Sacrow als Entnahmestelle beibehalten, da dort die Havel sich nach ihrer 10 km langen seeartigen Erweiterung wieder stark verengt und man hoffen konnte, hier, nach vollzogener Selbstreinigung des Flusses, ein als Gegenstück zur Dahme bei Grünau interessantes Ergebnis zu bekommen.

Die Proben wurden unter den üblichen Vorsichtsmaassregeln aus der Mitte des Stromes für die bacteriologische Untersuchung in je einem sorgfältig sterilisirten Erlenmeyer'schen Kölbchen von 100 ccm Inhalt, und für die chemische Untersuchung in einer grossen, mit Glasstopfen verschlossenen Zweiliter-Flasche entnommen. In der Spree, von der Oberbaumbis zur Moabiterbrücke wurden die Proben, Dank dem grossen Entgegenkommen des königlichen Polizeipräsidiums, für das auch an dieser Stelle unseren wärmsten Dank auszusprechen uns eine angenehme Pflicht ist, von einem Dampfer der Schiffahrtspolizei durch zwei Wachtmeister dieser Behörde entnommen, während in Grünau und Sacrow durch einen eigens dorthin entsandten Laboratoriumsdiener von einer Fähre aus (auch aus der Mitte des Stromes) und an den beiden Stellen des Landwehrcanals durch einen anderen Mann von der Brücke aus geschöpft wurde. Dann wurden die Proben unter möglichster Beschleunigung in das Laboratorium gebracht, und dort mit der gewöhnlichen 10proc. Fleischwasserpepton-Kochsalzgelatine zu Platten verarbeitet. Leider fanden die Untersuchungen schon im December 1896 ein vorzeitiges Ende dadurch, dass der Dampfer der Schifffahrtspolizei wegen Reparaturbedürftigkeit die Fahrten aufgeben musste.

Es wurden beim ersten Male nach Frank's Vorgang Platten mit einem Zusatz von 1,0, 0,5 und 0,01 ccm Flusswasser zur Gelatine gegossen. Da sich aber herausstellte, — die Untersuchungen fingen ja im Sommer an — dass die Platten, welche 1,0 ccm enthielten, so keimreich waren, dass die Platte wegfloss, ehe die langsamer wachsenden Keime zur Entwickelung gekommen sein konnten, so wurden in der Folge von jeder Wasserprobe je drei Platten gegossen, deren eine 0,5 ccm, eine 1 Tropfen, also etwa 0,05 ccm, und eine 0,005 ccm, nämlich 0,5 ccm einer 100fachen Verdünnung der Wasserprobe enthielt. Man wird mir nun einwenden, dass ein Tropfen nur ein sehr

Digitized by Google

ungenaues Maass sei und nicht ohne Weiteres für 0,05 ccm gelten könne. In der That zeigten auch die verwendeten auf je 1,0 ccm graduirten Pipetten ein Schwanken der auf 1 ccm gehenden Tropfenzahl von 18 bis 22. Da es sich hier indessen nur darum handelte, gewissermaassen eine Controle zwischen den fast immer zu niedrig ausfallenden Zahlen der ersten, mit 0,5 ccm des Wassers gegossenen Platte und der mit 100facher Verdünnung gegossenen einzuschalten, so halte ich den dabei entstehenden Fehler nicht für so sehr wesentlich. Als Beweis, dass beim sorgfältigen Arbeiten dieser Fehler sogar sehr geringfügig sein kann, seien hier die am 8. September 1896 mit Zusatz von 0,5 und mit 1 Tropfen des zu untersuchenden Wassers zur Gelatine gewonnenen Zahlen beigefügt:

Tabelle II.

Schöpfort	Zahl der Keime in der Platte			
	enthaltend 0,5 ccm		enthaltend 0,05 ccm	
		also in 1 ccm		also in 1 ccm
Grünau	104	208	32	620
Oberbaumbrücke	3 900	7 800	388	7 760
Jannowitzbrücke	6 640	13 280	672	13 440
Friedrichsbrücke	5 880	11 760	632	12 640
Ebertsbrücke	4 270	8 540	507	10 140
Marschallbrücke	4 360	8 720	424	8 480
Moltkebrücke	4 020	8 040	402	8 040
Moabiterbrücke	4 344	8 688	519	10 380
Hafenplatz	11 251	22 502	1 060	21 200
Lichtensteinbrücke	—	—	2 027	40 540
Sacrow	93	186	8	160

Gezählt wurde ausschliesslich mit der Lupe.

Als endgültig richtig angenommen wurden in den meisten Fällen die auf der mit 0,5 ccm der 100fachen Verdünnung gegossenen Platte gewachsene Colonienzahl, da diese Platten in den meisten Fällen auch in der Sommerhitze noch am 3. und 4. Tag gezählt werden konnten, während die anderen durch die peptonisirenden Bacterien bereits verflüssigt waren. Nicht ausser Acht gelassen werden darf hierbei freilich, dass durch das öftere Herausnehmen dieser Platten aus der feuchten Kammer zum Zwecke der Besichtigung und Zählung Gelegenheit zur Verunreinigung durch Luftkeime gegeben ist, die, wenigstens bei einer Keimzahl zwischen 500 bis 2000 insofern schwer in's Gewicht fällt, als ja jeder Luftkeim, mit 200 multiplicirt, in Rechnung kommt.

Wir geben eine für jede einzelne Untersuchung genau nach dem Frank'schen Vorbild angefertigte Zusammenstellung der chemischen und bacteriologischen Resultate mit den Temperatur- Wasserstands- und meteorologischen Angaben am Schlusse in der Anlage 1. Hier folgen aber die Keimzahlen der 1886er und 1896er Untersuchung nebeneinander:

Digitized by Google

Tabelle III.

		14. Juli	28. Juli	11. August	25. August	8. Septembr.	22. Septembr.	6. October	20. October	3. Novembr.	17. Novembr.	1. December
Grünau	1896	1 700	7 000	1 100	540	600	400	600	1 400	200	2 200	400
Oberbaumbrücke .	1886	8 400	1 900	4 500	4 200	7 000	6 700	1 900	2 600	10 300	8 100	5 900
	1896	12 800	20 800	35 400	23 400	10 400	29 400	11 000	5 300	2 800	3 200	4 500
Jannowitzbrücke .	1886	18 800	13 200	19 000	9 300	21 800	15 000	5 300	6 700	11 100	7 800	4 600
	1896	16 000	6 340*	77 400	57 400	16 400	27 000	13 200	5 800	11 500	4 200	3 200
Friedrichsbrücke .	1886	11 500	130 000	27 000	15 400	65 000	40 000	75 000	25 900	22 800	15 300	21 000
	1896	36 900	22 400	84 600	34 400	14 400	13 000	7 100	2 200	3 000	2 000	4 320
Ebertsbrücke . .	1886	12 100	30 000	45 000	14 400	144 000	154 000	50 000	22 800	132 500	8 400	10 100
	1896	2 700	9 160*	152 200	221 400	17 200	8 020	13 400	2 400	3 400	15 400	2 400
Marschallbrücke .	1886	49 000	30 000	51 000	17 100	136 800	108 000	16 600	15 000	36 500	6 100	4 800
	1896	6 700	4 970*	149 600	53 400	15 200	7 400	11 700	23 000	17 500	2 800	10 000
Moltkebrücke . .	1886	130 000	64 800	63 000	7 300	385 000	143 000	53 200	18 600	240 000	5 800	5 500
	1896	12 700	29 000	936 000	41 200	14 200	5 400	18 200	4 400	1 600	2 200	5 800
Moabiterbrücke .	1886	98 000	72 000	90 000	52 300	96 000	154 000	78 500	45 000	51 000	41 400	6 200
	1896	30 300	17 400	81 000	84 600	17 600	8 000	10 000	16 000	3 000	4 800	4 800*
Hafenplatz . . .	1886	150 000	494 000	350 000	200 000	200 000	260 000	165 000	300 000	216 000	198 000	27 000
	1896	15 900*	38 400	7 200*	12 600	22 500	8 400	12 800	37 000	19 200	3 400	2 400
Lichtensteinbr. .	1886	121 000	320 000	90 000	42 500	540 000	356 400	162 000	224 600	—	35 100	19 600
	1896	11 600	35 800	65 200	5 200	43 540	20 600	45 200	13 400	15 000*	6 400	4 400
Sacrow	1886	8 300	4 000	—	2 000	24 700	6 800	12 400	11 100	20 300	3 900	4 500
	1896	158*	7 000	4 200	3 800	186*	800	110*	4 400	800	1 400	3 400

Bemerkung: Die mit einem * versehenen Zahlen sind zweifelhaft und aller Wahrscheinlichkeit nach zu klein. Dieselben sind, da die mit der Verdünnung gegossene Platte meist durch Verflüssigung unbrauchbar geworden war, einer der anderen beiden Platten entnommen.

Digitized by Google

Aus der vorstehenden Zusammenstellung geht hervor, dass die Dahme bei Grünau im Kubikcentimeter meist nur wenige Hundert Keime zeigt, sodass man sie wohl noch ein wenig verunreinigtes Oberflächenwasser nennen kann. Wodurch am 28. Juli 1896 die Keimzahl auf 7000 erhöht worden ist, kann nicht angegeben werden. Allerdings kann sie den Vergleich mit dem Wasser, das durch die Saugcanäle aus ca. 4 m Tiefe aus dem Müggelsee in das neue Wasserwerk bei Friedrichshagen gefördert wird, ebensowenig aushalten wie mit dem Wasser des Tegeler Sees, wie nachstehende Tabelle[1]) zeigt.

Tabelle IV.

Keimgehalt des Rohwassers in Tegel	Datum		Keimgehalt des Rohwassers des Wasserwerks am Müggelsee
86	14. Juli	1896	91
149	28. Juli	»	330
—	11. August	»	150
138	25. August	»	245
80	8. September	»	114
63	22. September	»	74
79	6. October	»	92
90	20. October	»	175
172	3. November	»	167
125	17. November	»	375
98	1. December	»	8 245

Die Reinigung des Havelwassers in dem grossen Havelbecken zwischen Pichelsdorf und Sacrow, die G. Frank nachgewiesen hatte, findet sich durch die von uns bei Sacrow gefundenen Keimzahlen wieder bestätigt. Auch geht daraus hervor, dass die bei Gatow (etwa 8500 m oberhalb Sacrow) erfolgende Einleitung der Drainwässer von den auf dem hohen rechten Havelufer gelegenen Charlottenburger Rieselfeldern nicht den

1) Diese Zahlen verdanken wir der Güte des Herrn Directors der städtischen Wasserwerke, Stadtrath Beer.

Digitized by Google

geringsten Einfluss hat. Dagegen zeigen unsere Zahlen sowohl im Hauptlauf der Spree, als auch im Landwehrcanal stellenweise recht erhebliche Abweichungen gegen die von Frank gefundenen. So zeigt sich, wenn die Stationen nach der Reihenfolge, wie sie sich flussabwärts folgen, betrachtet werden, dass an der Oberbaumbrücke während unserer Beobachtungszeit ein nicht unerheblich grösserer Keimgehalt bestand als im Jahre 1886, während an der Jannowitzbrücke der Unterschied sich schon verwischt. Dazu ist zu bemerken, dass auf dem linken Spreeufer, 150 m oberhalb der Oberbaumbrücke, sich eine weit ins Wasser hineingebaute Badeanstalt befindet, und dass an demselben Ufer, 400 m oberhalb der Brücke, die Oberschleuse des Landwehrcanals liegt, vor der den ganzen Sommer und Herbst hindurch eine Unzahl von Spreekähnen auf Einlass warten. Dass der durch die in Treptow im Jahre 1896 veranstaltete, bis Mitte Oktober dauernde Berliner Gewerbe-Ausstellung gewaltig gesteigerte Personendampferverkehr auch einen gewissen Einfluss gehabt habe, könnte aus der Abnahme der Keimzahl vom 20. October ab geschlossen werden. Doch würde diese Annahme wenig Wahrscheinlichkeit für sich haben, da von jenem Zeitpunkt an auch im Landwehrcanal die Keimzahl nicht unerheblich abgenommen hat. Dass die Abwässer der Gewerbe-Ausstellung in Treptow nicht in die Spree eingelassen würden, war durch Anschluss sämmtlicher dort befindlicher Gebäude an die Canalisation in Rixdorf verhindert worden. An den anderen Entnahmestellen im Hauptlauf der Spree ist der Keimgehalt so wechselnd, dass von einer wesentlichen Aenderung, d. h. Besserung gegen früher, wohl nicht die Rede sein kann, während eine durchgängige, ganz auffallende Herabsetzung der Keimzahlen an den beiden Entnahmestellen im Landwehrcanal zu constatiren ist. Unverkennbar ist an unseren Zahlen, ebenso wie an denen Franks, der Einfluss der kalten Jahreszeit (November und Dezember). Nur an einem Tage, dem 11. August 1896, wurden an den meisten Entnahmestellen in der Spree etwa 3 bis 10 Mal soviel Keime gefunden als an den anderen Tagen. Fragen wir nun, ob an diesem oder am vorangegangenen

Tage heftige Regengüsse niedergegangen seien, so dass man annehmen müsste, die Nothauslässe der Canalisation seien in Thätigkeit gewesen, so lässt sich nachweisen, dass der letzte überdies nur $1^1/_4$ Stunden anhaltende und eine Höhe von nur 1,8 mm aufweisende Regenschauer mehr als 50 Stunden vorher über Berlin hingegangen war. Halten wir nun damit zusammen, dass der einzige Tag unter unseren Schöpftagen, an welchem zu derselben Zeit, wo die Proben entnommen wurden, nachweislich nicht nur die selbstthätigen, sondern auch die an den Pumpstationen befindlichen Hauptnothauslässe einer ganzen Reihe von Radialsystemen (nämlich II, IV, V, VIII und X) längere Zeit, nämlich eine halbe bis $2^1/_2$ Stunden, geöffnet gewesen sind, der 25. August 1898 gewesen ist, und besehen wir uns unter diesem Gesichtspunkt die an jenem Tage gefundenen Keimzahlen näher, so müssen wir gestehen, dass ein deutlicher Einfluss der Nothauslässe an jenem Tage nur an zwei Stellen, nämlich an der Ebertsbrücke und in erheblich geringerem Maasse auch an der Moabiterbrücke erkennbar ist, während an der Jannowitzbrücke, von dem Einfluss des ca. 700 m oberhalb mündenden Hauptnothauslasses der Pumpstation V, der an jenem Tage von 6 Uhr 45 Min. a. m. an bis 9 Uhr 20 Min. a. m. geöffnet war, kein Einfluss zu spüren ist und im Landwehrcanal, in welchen der Hauptnothauslass der Pumpstation II und der Wiesengraben münden, weder am Hafenplatz noch an der Lichtensteinbrücke auffallend hohe Zahlen gefunden wurden. Wir müssen uns also sehr hüten, eine auffällige Steigerung der Keimzahlen ohne Weiteres den Nothauslässen der Canalisation in die Schuhe zu schieben, wenn viel stärkere Verunreinigungen vorkommen, welche nachweislich auf anderen, von uns nicht erkennbaren Wegen zu Stande gekommen sind. Es führt uns dies zu der Frage, ob der Einfluss der Nothauslässe, welche selbstthätig und uncontrolirbar in Thätigkeit treten, auf die Verunreinigung der öffentlichen Wasserläufe wirklich so gross ist, wie Frank annimmt, ob es also einerseits sehr häufig vorkommt, dass dieselben in Thätigkeit treten (vielleicht schon bei ganz geringen Regenschauern) und ob andererseits nicht die Verdünnung der

durch sie in die Wasserläufe gebrachten Unreinigkeiten so gross ist, dass sie gar keine Rolle mehr spielen können.

Frank beruft sich in dieser Hinsicht besonders darauf, dass »nach starken Regengüssen im Sommer, wo grössere Mengen Schmutzwässer aus den Canälen in den Stromlauf eintreten, das Fischsterben in der Spree noch immer häufig und sehr bedeutend ist.«

Diese Angabe klingt, als ob eigentlich bei jedem starken Regen in der Spree Fischsterben einträte, während es wohl recht schwer fallen dürfte, nachzuweisen, dass auch nur einmal in jedem Jahre »bedeutendes Fischsterben« beobachtet worden sei. Und selbst wenn es »häufig« wäre, so möchten wir den Schluss, dass es dann durch das Oeffnen der Nothauslässe der Canalisation verschuldet sei, immer noch für unbewiesen halten. Denn unserer Ansicht nach liegt es viel näher, das Fischsterben in Zusammenhang zu bringen mit einer durch plötzliche Ueberfüllung in Folge des Regens nothwendig werdenden Schleusenöffnung an den Klärbassins der an der Spree bezw. dem Landwehrcanal gelegenen Fabriken, wodurch Säuren, Laugen, Salze oder giftige Farben in die Stromläufe gelangen. Frank lehnt sich auf gegen die in der Festschrift der Stadt Berlin zur 59. Deutschen Naturforscher-Versammlung gegebene Schätzung des Grades der Verdünnung der Hausabwässer. Es heisst dort: »In dem Augenblicke wo die Nothauslässe zu functioniren beginnen, ist das Verhältnis des Hauswassers zum Regenwasser wie 1 : 8,2, und da excrementelle Stoffe im Hauswasser bei der Annahme von nur 60 l pro Tag und Kopf schon im Verhältnis von 1 : 100 verdünnt sind, im Ganzen nur wie 1 : 800. Treten aber die Nothauslässe in volle Function, so sinkt dieses Verhältnis bis auf rund 1 : 15000«. Wenn nun auch diese Berechnung ausser Acht lässt, dass das zur Verdünnung der Hausabwässer dienende Regenwasser doch zum grössten Theil durch den Strassenschmutz, der Thierkoth und dergl. enthält, selbst stark verunreinigt ist, und ausserdem auch nicht berücksichtigt, dass nicht allein die Excremente, sondern auch die anderen Hausabwässer, wie namentlich Wasch- und Badewässer, für uns in den öffentlichen Wasser-

läufen sehr unerwünscht sind, so muss man nach den neueren Beobachtungen zugeben, dass die oben gegebene Berechnung sogar noch hinter der Wirklichkeit zurückbleibt.

Köhn nämlich, der Erbauer der Charlottenburger Canalisation, spricht sich bei der Beschreibung seines Werkes in »Berlin und seine Bauten« (Bd. I Abschnitt IX S. 365) folgendermaassen aus: »Die Grundsätze, auf denen der Plan der Canalisation von Charlottenburg beruht, sind im Wesentlichen dieselben, welche Hobrecht bei der Canalisation von Berlin durchgeführt hat. Dies gilt besonders für die in der Secunde abzuführende grösste Wassermenge. Hierbei fehlt es leider dem Ingenieur noch immer an genauen Unterlagen. Für Berlin wurde gerechnet, dass von der angenommenen secundlichen, durch die Canäle abzuführenden Gesammtwassermenge von 22,730 l für 1 ha auf das Regenwasser 21,185 l und auf das Hauswasser 1,545 l entfallen, sodass die grösste Regenwassermenge etwa das 13 fache der grössten Hauswassermenge ausmacht. Hierbei ist die Hauswassermenge danach bemessen, dass ein Meistverbrauch von 127,5 l für den Kopf und Tag zu Grunde gelegt ist, wovon die Hälfte in 9 Stunden abfliessen soll, und dass eine Bevölkerungsdichtigkeit von 785 Einwohnern für 1 ha vorausgesetzt wird. Diese Dichtigkeit ist in Berlin aber nirgends erreicht, überschreitet vielmehr thatsächlich fast nirgends die Höhe von 400.

Weil nun aber dennoch bei heftigen Gewitterregen die wirkliche Inanspruchnahme der Berliner Leitungen die rechnungsmässig als die grösste festgesetzte Zahl erreicht und sogar überschritten hat, so wird dadurch bewiesen, dass der Antheil des Regenwassers an der Gesammtmenge grösser ist als der Hobrecht'schen Annahme zu Grunde gelegt wurde. Deshalb ist für Charlottenburg eine secundliche Hauswassermenge von 0,788 l und eine secundliche grösste Regenwassermenge von 21,942 l für 1 ha angenommen, sodass die Regenwassermenge nach den Charlottenburger Annahmen rund das Achtundzwanzigfache von der bezeichneten Hauswassermenge ausmacht.«

Aus dieser Berechnung scheint mir zur Genüge hervorzugehen, dass bei mässigen, nicht allzu lange anhaltenden

Digitized by Google

Regengüssen die Verschmutzung unserer öffentlichen Wasserläufe durch die Nothauslässe der Canalisation recht geringfügig ist. Dass, wie Frank hervorhebt, in Berlin im Sommer heftige Strichregen nicht selten sind, mag seine Richtigkeit haben, und ausserdem mag auch noch zugegeben werden, dass mit der Zunahme der Bebauung und vor allem der Pflasterung, die verhindert, dass ein grosser Theil des Wassers in den Boden versickert, die Beanspruchung der Canalisationsrohre plötzlich steigen und öfters so gross werden kann, dass wenigstens die selbstthätigen (Ueberlauf-) Nothauslässe in Function treten, aber das wird nur selten längere Zeit dauern. Es mag hierbei noch bemerkt werden, dass auf die Menge des aus den selbstthätigen Nothauslässen ausfliessenden Wassers doch durch theilweises Zusetzen der Ausflussöffnung mittelst Schwellen ein regulirender Einfluss ausgeübt werden kann, und dass davon in den Radialsystemen I, II, III, welche sowohl nach der Spree als auch nach dem Landwehrcanal Nothauslässe senden, regelmässig Gebrauch gemacht wird, um bei starkem Regen der wasserreicheren Spree den grösseren Theil der Schmutzwässer zu übergeben. Wir hätten gerne die Pegelstände der Sammelbrunnen in den Pumpstationen zur Controle der Nothauslässe benützt, doch ist dies unthunlich, weil aus technischen Gründen auch eine künstliche Regulirung dieses Wasserstandes vorgenommen war, um zuerst nur die direct in die Spree mündenden Auslässe in Thätigkeit zu setzen. Auch aus der Höhe des täglichen Regens allein lässt sich über die Häufigkeit der Oeffnung der Nothauslässe nichts aussagen, da neben der zeitlichen Vertheilung des Regens auch der Flusswasserstand in Rechnung gezogen werden muss.

Nach den Ergebnissen der Regenmessung von 1849 bis 1873 hat es in Berlin im Durchschnitt im Jahre an 158,56 Tagen geregnet, doch betrug die Gesammtregenhöhe im Jahr = 593,65 mm und im Durchschnitt eines Regentages nur = 3,73 mm. Die Zahl derjenigen Regentage, an denen mehr als = 13,0 mm Regen fiel, betrug in diesen 25 Jahren nur einmal 16, in einigen Jahren nur 3 und im Durchschnitt 7,28 Tage. Die Gesammt-

Digitized by Google

regenhöhe dieser Tage betrug innerhalb eines Jahres in maximo 445,62 mm (nämlich in demselben Jahre 1858, in welchem an 16 Tagen jedesmal mehr als 13 mm Regen fiel) und in minimo 48,91 mm, während der Durchschnitt der 25 Jahre = 150,54 mm betrug. Es fiel also, wenn dieser Schluss gestattet ist, mehr als ein Viertel der gesammten Jahresregenmenge an 7,28 von den 158,56 Regentagen. Im Jahre 1896 vom 1. Juli bis 1. December ist der Fall, dass mehr als 13,0 mm Regen fielen, siebenmal eingetreten.

Wenn wir nun also als ausgemacht annehmen, dass nur in seltenen Fällen die Canalisation durch ihre Nothauslässe eine Verschmutzung der öffentlichen Wasserläufe verursacht, so drängt sich uns die Frage auf, welche anderen Umstände wohl die Hauptschuld an der Verunreinigung der Wasserläufe tragen und besonders, wodurch gerade an bestimmten Stellen, z. B. an der Moltkebrücke, eine so starke Steigerung des Bacteriengehaltes regelmässig verursacht wird. Wie oben schon erwähnt, führt G. Frank letzteren Umstand darauf zurück, dass damals der Stadttheil Moabit noch nicht canalisirt war, und dass gerade bei jener Brücke ein grosser, alter Canal mündete, eine Ansicht, die uns jetzt als unhaltbar erscheint, nachdem dort die Canalisation durchgeführt ist. Vergleicht man die graphische Darstellung unserer Keimzählungen in Anlage 2 mit den gleichfalls dort eingetragenen Ergebnissen der Frank'schen Untersuchung, so kommt man zu dem interessanten Ergebnis, dass der Charakter beider Curven genau derselbe ist, indem dieselben je einen kleineren Gipfel bei der Ebertsbrücke und einen erheblich grösseren bei der Moltkebrücke aufweisen. Es kommen also von der Canalisation unabhängige locale Verhältnisse für die Spreeverunreinigung in Betracht. Diese sind aber fraglos zu suchen in dem gewaltigen Lösch- und Ladeverkehr, der sich zwischen der Kronprinzen- und der Moltkebrücke auf den mehrere hundert Meter langen, an beiden Seiten der Spree gelegenen Quaistrassen abspielt. Diese beiden Quaistrassen liegen so tief — ebenso wie die den angrenzenden Humboldhafen auf drei Seiten um-

Digitized by Google

gebenden Quais — dass sie an die Canalisation nicht angeschlossen werden konnten. Aller Schmutz und Staub, der sich beim Löschen und Laden entwickelt und entweder dort auf den Quaistrassen niederfällt oder sich der Luft mittheilt, sich aber über die senkrechten 3 bis 4 m hohen Ufermauern nur zum kleinsten Theile erheben kann, ferner alle Excremente der Zugthiere und wahrscheinlich auch sehr vieler Menschen, die dabei beschäftigt sind, wandert auf dem kürzesten Wege in den Strom. Wenn wir diese Erklärung annehmen, dass nicht der durchgehende Schiffahrtsverkehr, sondern das Löschen und Laden der Schiffe eine Hauptursache der Verschmutzung der von ihnen benutzten Wasserläufe ist, erklärt sich uns auch ungezwungen die Verminderung der durchschnittlichen Keimzahl an der Friedrichsbrücke und die Entstehung des kleineren Gipfels unserer Curve an der Ebertsbrücke. Oberhalb der Friedrichsbrücke wurde früher von einer grossen Zahl dort verankerter Kähne aus ein schwunghafter Handel mit Gemüsen, Fischen und namentlich Obst getrieben, der 1894 mit der Eröffnung des durch die Erbauung der Mühlendammschleuse ermöglichten Grossschiffahrtsweges ein Ende genommen hat. Oberhalb der Ebertsbrücke aber findet ebenfalls ein lebhafter Lösch- und Ladeverkehr im Hauptlauf der Spree statt, indem sich auf der sog. Museumsinsel (der Spitze der Schlossinsel) noch einige Speicher befinden. Ausserdem aber ist der dort mündende Kupfergraben schon in seinem Oberwasser (wo er sich als »Schleusencanal« von der Oberspree abzweigt) mit vielen, aus dem Verkehr der dort ankernden Schiffe stammenden Unreinigkeiten beladen, und ist in seinem Unterlaufe an vielen Stellen Träger des früher in der Spree oberhalb der Friedrichsbrücke betriebenen obenerwähnten Verkehrs.

Diese Auffassung hat nun auch durch nachträglich im Jahre 1897 ausgeführte Bacterienzählungen an Proben aus dem Landwehrcanal eine unerwartete Bestätigung erfahren. Während an sämmtlichen Untersuchungstagen des Jahres 1896 der Keimgehalt des Landwehrcanals fast durchgehends auf den zehnten Theil der früher von Frank gefundenen

Zahlen vermindert gefunden wurde, stellte sich im Sommer 1897 an fünf verschiedenen Tagen, an deren zwei es regnete (die Nothauslässe der Pumpstation waren sicher nicht geöffnet) ein ungewöhnlich hoher Keimgehalt heraus. An zwei von diesen fünf Tagen (18. und 19. VIII. 97) haben wir des Interesses halber nicht nur an der Schönebergerbrücke oberhalb des Hafenplatzes, sondern auch an der nächsten, etwa 120 bis 150 m unterhalb jenes Hafens befindlichen Brücke (Augustabrücke) schöpfen lassen und beidemale eine wohl nur durch den Ladeverkehr bedingte, sehr erhebliche Steigerung des Keimgehalts feststellen können.

Des Interesses wegen sind auf der nachstehenden Tabelle auch die an denselben Tagen in der Spree an der Oberbaum- und Moltkebrücke gefundenen Keimzahlen beigefügt:

Tabelle V.

Schöpfort	6. VII. 97 Tags vorher stark. Regen	16. VII. 1897 starker Regen	4. VIII. 1897 Sonnenschein	18. VIII. 1897 Sonnenschein	19. VIII. 1897 mässiger Regen
Oberbaumbrücke . . .	106 800*	237 776*	147 220*	—	—
Moltkebrücke	25 600	370 800*	330 240*	21 276*	—
Schönebergerbrücke oberh. d. Hafenplatzes	812 000	184 170*	430 000*	175 650*	493 670*
Augustabrücke	—	—	—	200 616*	652 856*
Lichtensteinbrücke . .	828 000	140 800*	272 000*	45 864*	347 760*

* bedeutet: Mikroskopische Zählung nach 24 Stunden. Die nicht mit einem Stern versehenen Zahlen sind durch Lupenzählung nach 72 Stunden gewonnen.

Die Steigerung des Verkehrs auf den Wasserstrassen Berlins von 1885 bis 1895 ist aus der Anlage 4 ersichtlich. Daneben ist eine Nachweisung der vom 1. Juli bis 1. December 1896 zum Löschen und Laden in Berlin zugelassenen Fahrzeuge beigefügt.

Zum Schlusse sei es uns noch gestattet, noch kurz auf einige Wasseruntersuchungen aus dem Hauptlaufe der

Digitized by Google

Spree und der Havel einzugehen, die im Jahre 1897 gewissermaassen als Probe auf die Ergebnisse des vorigen Jahres angestellt wurden und zugleich durch vergleichende Zählung der sehr stark besäten, mit 0,5 ccm der Wasserprobe gegossenen Platten mittelst Mikroskops und der mit 100 facher Verdünnung gegossenen Platten mittelst der Lupe einen Anhaltspunkt dafür geben sollten, ob die Lupenzählung der mikroskopischen Zählung wirklich in nennenswerthem Grade unterlegen sei. Es mussten, wie ich hier gleich vorausschicken will, die mit 0,5 ccm der Wasserprobe versetzten Platten immer schon nach 24 Stunden mikroskopisch gezählt werden, während die mit 0,005 ccm (0,5 ccm der Verdünnung) der Probe gegossenen Platten meist erst am 3. oder 4. Tage gezählt wurden. Es stellte sich nun dabei heraus, dass die Zahlen im Allgemeinen sehr gut übereinstimmten und dass, während bei mehreren Hunderttausend Keimen in der Platte meist die mikroskopisch gezählte Platte einige Tausend Keime mehr verrieth, doch einigemale auch umgekehrt, durch die mit der Lupe gezählte Verdünnungsplatte ein um mehrere Tausende höherer Keimgehalt herauskam.

Leider liess es sich wegen Personalmangels nicht umgehen, dass fast immer einige Proben schon 4 bis 5 Stunden alt waren, ehe sie ins Laboratorium kamen, so z. B. am 16. Juli 1897 die Proben von der Oberbaum-, Jannowitzbrücke und Friedrichsbrücke, und am 4. August diejenigen von der Friedrichs-, Eberts- und Marschallbrücke.

Tabelle VI.

Entnahmestelle	6. VIII. 1897 Tags vorher Regen	16. VII. 1897 Morgens stark. Regen	4. VIII. 1897 Seit 3 Tagen kein Regen. Sonnenschein
Wuhle, 200 Schritte oberh. d. Mündung	—	1 140 000	65 000
Spree unterhalb Cöpenick	—	14 200	127 800
Spree, 200 Schritte unterh. d. Wuhlemündung	—	47 200	74 100
Spree unterhalb Nieder-Schöneweide .	—	35 400	7 928?
Hohenschönhauser Grenzgraben . .	1 304 000	660 000	221 160

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tabelle VI.)

Entnahmestelle	6. VIII. 1897 Tags vorher Regen	16. VII. 1897 Morgens stark. Regen	4. VIII. 1897 Seit 3 Tagen kein Regen. Sonnenschein
Rummelsburger See (Mitte)	10 600	—	353 600
Spree unterhalb des Sees	—	40 150	107 520
Spree unterhalb Stralau	—	—	94 680
Spree bei der Oberbaumbrücke	106 800	237 776	147 220
Spree bei der Jannowitzbrücke	—	272 000	89 440
Spree bei der Friedrichsbrücke	—	345 000	267 500
Spree bei der Ebertsbrücke	—	382 000	408 030
Spree bei der Marschallbrücke	—	570 540	475 600
Spree bei der Moltkebrücke	25 600	370 800	330 240
Spree bei der Moabiterbrücke	—	117 920	338 600
Spree bei d. Charlottenburger Schleuse	261 200	255 192	—
Spree bei Fürstenbrunn	—	—	73 920
Spree kurz vor Spandau	—	121 000	64 080
Havel bei Pichelsdorf	—	146 600	123 520
Havel bei Gatow	—	163 200	9 034
Havel bei Cladow	—	—	1 200
Havel bei Sacrow	—	5 600	2 600
Havel in Potsdam unterhalb Nuthemündung	—	15 600	13 400
Nördliche Panke bei der Badbrücke	—	—	151 864
Nördl. Panke kurz vor der Mündung	—	1 050 000	41 760

Ausserdem wurde an diesen drei Tagen auch Wasser aus dem »Kuhgraben«, in den die geklärten Abwässer von Lichtenberg und wohl auch viele Abgänge von Rummelsburg fliessen, untersucht und darin am 6. Juli 1897 23 Millionen, am 16. Juli 1897 16 ½ Millionen und am 4. August 1897 19 Millionen entwickelungsfähige Keime pro Cubikcentimeter gefunden. Wenn man auch annimmt, dass die geringen Mengen Jauche, welche dieser Graben dem Rummelsburger See zuführt, durch dessen Wasser enorm verdünnt werden, und dass ausserdem der Rummelsburger See ein Sedimentirungsbecken darstellt, so ist es doch wünschenswerth, der grösseren Reinhaltung dieses Grabens näherzutreten.

Digitized by Google

2. Chemischer Theil.

Die Proben für die chemische Untersuchung des Spreewassers wurden — wie oben angegeben — gleichzeitig und an denselben Stellen entnommen wie die zur bacteriologischen Untersuchung dienenden; doch wurde im August und September nur je einmal untersucht, so dass im ganzen 9 Wasserserien geprüft wurden.

Die Untersuchung erstreckte sich auf die quantitative Bestimmung des Trockenrückstandes (bei 110°), des Chlors, des Calciums (beide titrimetrisch nach Mohr) und der sogenannten organischen Substanz (Methode von Kubel-Tiemann).

In einigen Fällen wurden auch die suspendirten Stoffe quantitativ festgestellt (bei 110° getrocknet und gewogen).

Die qualitativen Prüfungen erstreckten sich auf Ammoniak, salpetrige Säure (mit Jodzinkstärkelösung) und Salpetersäure (mit Diphenylamin).

Die chemische Untersuchung hatte natürlich die gleichen Fragen zu beantworten, welche die bacteriologische sich gestellt hatte, d. h. also erstens die Frage: Erfahren die chemischen Bestandtheile des Spreewassers auf seinem Laufe durch Berlin eine Zunahme, resp. treten neue chemische Stoffe auf? Zweitens: Hat sich die Quantität der vom Flusse mitgeschleppten chemischen Stoffe innerhalb der letzten zehn Jahre (1886—96) geändert? Drittens: Verdanken die gefundenen chemischen Werthe ihre Existenz irgendwelchen erkennbaren äusseren Einflüssen?

Eine Betrachtung der in der Anlage 1 zusammengestellten Ergebnisse der chemischen Untersuchung zeigt, dass sich — was die erste Frage anlangt — irgend eine Regelmässigkeit nicht erkennen lässt. Die Differenzen der Werthe sind relativ geringe, sodass uncontrolirbare, accidentelle Umstände bei der Wasserprobenentnahme u. a. m. den wahren Sachverhalt leicht verdecken können.

Unter solchen Umständen empfiehlt es sich, die Durchschnittszahlen zu berechnen, da man hoffen kann, dass sich bei ihnen die kleinen Zufälligkeiten compensiren und ausgleichen werden.

Berechnet man für den Trockenrückstand, die suspendirten Bestandtheile, die organische Substanz, das Chlor und das Calciumoxyd die Mittelwerthe für die einzelnen Entnahmestellen, so ergibt sich Folgendes:

Tabelle VII.

Trockenrückstand.

Nr.	Entnahmestelle	Theile in 100 000 Th. Wasser
0	Grünau	20,75
1	Oberbaumbrücke	21,83
2	Jannowitzbrücke	22,91
3	Friedrichsbrücke	23,03
4	Ebertsbrücke	23,90
5	Marschallbrücke	22,74
6	Moltkebrücke	23,02
7	Moabiterbrücke	22,98
10	Sacrow	23,48

Tabelle VIII.

Suspendirte Bestandtheile, organische Substanz [1]), Chlor und Calciumoxyd.

Entnahmestelle Nr.	Suspend. Bestandtheile	Organ. Substanz	Chlor	Calciumoxyd
0	1,70	2,64	2,9	6,4
1	2,52	3,00	2,8	4,7
2	2,72	3,12	2,7	5,0
3	3,25	3,13	2,8	4,9
4	3,40	3,15	2,8	5,2
5	3,77	3,08	2,8	4,6
6	2,50	3,16	2,7	4,7
7	2,50	3,16	2,8	4,8
10	2,30	2,88	3,0	5,6

Es zeigen also die Werthe für den Trockenrückstand, die suspendirten Bestandtheile und die organische Substanz ein ziemlich gleichförmiges Wachsthum auf dem Wege durch die Stadt. Die Maxima der Werthe liegen zwar nicht überall an derselben

1) Verbrauch an $KMnO_4$ bei 10 Minuten langem Kochen.

Digitized by Google

Stelle, aber, wenn man diese Verhältnisse graphisch darstellt (s. Anlage 2), so zeigen die drei Curven ungefähr den gleichen Typus. Auffallend ist nur, dass der Durchschnittswerth für den Trockenrückstand in Grünau so hoch ausgefallen ist.

Für das Chlor und den Kalk lässt sich eine Steigerung der Quantitäten aber nicht nachweisen, wie ein Blick auf die Tabelle VIII lehrt.

Die Zahlen schwanken hier bald etwas aufwärts, bald etwas abwärts, jedenfalls ist das Spreewasser in Grünau und Sacrow nicht kalk- und chlorärmer als innerhalb Berlins, im Gegentheil, es finden sich an diesem Anfangs- und Schlusspunkt der Untersuchungsreihe die höchsten Chlor- und Kalkwerthe.

Es ist natürlich von Interesse, unsere Befunde der chemischen Wasseruntersuchung, ebenso wie es mit den bacteriologischen Befunden geschehen ist, in Vergleich zu stellen zu den von Frank[1]) im Jahre 1886 erhobenen. Die chemische Untersuchung ist damals in gleicher Ausdehnung angewendet worden wie die bacteriologische, doch hat der Verfasser ersichtlich auf die Resultate der letzteren einen erheblich viel grösseren Werth gelegt als auf die Ergebnisse der chemischen Untersuchung. Wie wir oben gesehen haben, lässt sich allerdings mit den Zahlen, so wie sie die Tabellen (Anlage 1) uns liefern, nicht viel anfangen. Die Berechnung der Durchschnittswerthe und deren Zusammenstellung liess aber schon eine gewisse Regelmässigkeit erkennen (s. die Curven in Anlage 2). Frank hat es nun unterlassen, solche Durchschnittswerthe zu berechnen, und wir haben uns deswegen nachträglich dieser Aufgabe unterzogen. Einmal wollten wir sehen, ob sich auch aus dem Gewirr seiner Zahlen etwas Greifbares und Gesetzmässiges extrahiren liesse, und dann wünschten wir seine Resultate mit den unseren besser vergleichen zu können. Es sei daher gestattet, an dieser Stelle die Durchschnittswerthe aus den chemischen Spreewasseruntersuchungen vom Jahre 1886 ebenfalls anzuführen:

---

1) Georg Frank, Die Veränderungen des Spreewassers, cit. Zeitschr. f. Hyg., Bd. 3, S. 355.

Digitized by Google

Tabelle IX.

	Entnahmestelle	Trocken-rückstand	Organ. Substanz	Chlor	Kalk
1	Oberbaumbrücke	18,8	1,88	2,3	6,4
2	Jannowitzbrücke	18,5	1,97	2,2	6,4
3	Friedrichsbrücke	18,3	1,99	2,3	6,1
4	Ebertsbrücke	18,6	2,00	2,2	6,4
5	Marschallbrücke	18,5	2,19	2,2	6,4
6	Moltkebrücke	19,0	2,07	2,2	6,0
7	Moabiterbrücke	19,6	2,14	2,2	6,3
8	Sacrow	18,2	1,96	2,4	6,2

Wie leicht zu sehen, drücken sich in der Tabelle IX ganz ähnliche Verhältnisse aus, wie wir sie bei unseren Untersuchungen gefunden haben (s. Tab. VII und VIII). Auch hier findet ein Anwachsen der Zahlen für Trockenrückstand und organische Substanz (die suspendirten Bestandtheile hat Frank nicht bestimmt) statt, auch hier bleiben die Werthe für Kalk und Chlor ziemlich unverändert und zeigt letzteres seinen Maximalwerth in Sacrow.

Man ist demnach wohl berechtigt, die Ergebnisse, wie sie Tabelle VII und VIII liefern, nicht als zufällige anzusehen, wenn zwei, durch einen Zeitraum von zehn Jahren getrennte Untersuchungsreihen, so ähnliche Resultate liefern. Frank, der diese Durchschnittsberechnungen nicht ausgeführt hat, wird nach unserer Meinung dadurch zu falschen Schlussfolgerungen geführt. So behauptet er: »Der Chlorgehalt der Spree nahm, wie wir oben gesehen haben, im Verlaufe durch Berlin in unregelmässiger, aber deutlich zu erkennender Weise zu«. Diese Angabe lässt sich auf Grund des von ihm vorgelegten Zahlenmaterials nicht rechtfertigen.

Was das Auftreten von neuen chemischen Stoffen im Flusslaufe anlangt, so müssen wir hier des Ammoniaks, der salpetrigen Säure und der Salpetersäure erwähnen. Wie die analytischen Belege im Anlage 1 ersehen lassen, ist das Grünauer Wasser fast durchgängig frei von allen drei Stoffen, bei der Oberbaum-

Digitized by Google

brücke, unserer zweiten Schöpfstelle, lassen sie sich öfter constatiren. Treten sie einmal auf, so lässt sich ihr Vorhandensein meist durch den ganzen Flusslauf verfolgen, auch Sacrow pflegt dann häufig nicht davon frei zu sein.

Wir kommen jetzt zur Erörterung der zweiten Frage: Hat sich die Quantität der vom Flusse mitgeschleppten chemischen Stoffe innerhalb der zehn Jahre geändert? Vergleichen wir unsere und Frank's Durchschnittswerthe unter der berechtigten Voraussetzung, dass die mittlere Wasserführung der Spree in den Vergleichsjahren keine wesentliche Aenderung erfahren habe, miteinander (Tab. VII, VIII und IX), entnehmen wir ferner die Maximal- und Minimalzahlen für die einzelnen Stoffe aus den Tabellen von 1886 und 1896, so müssen wir sagen: Die absolute Quantität der mitgeschleppten Stoffe ist seit 1886 gestiegen.

Es betrugen 1886 die höchsten und niedrigsten Zahlen für Rückstand 22,0 und 16,5, für organische Substanz 2,50 und 1,49, für Chlor 3,0 und 1,8, für Kalk 10,5 und 4,1 und 1896 die höchsten und niedrigsten Zahlen für Rückstand 27,0 und 18,6, für organische Substanz 4,0 und 2,1, für Chlor 3,5 und 2,2, für Kalk 8,7 und 1,9.

Es sind also die Maxima und Minima, ausgenommen beim Kalkgehalt, überall erheblich höher gerückt.

Lässt sich ein Einfluss irgendwelcher äusserer Verhältnisse auf die Menge der chemischen Bestandtheile des Spreewassers constatiren?

Es ist schon oben auf die Schwierigkeiten hingewiesen worden, die sich der Lösung dieser Frage entgegenstellen.

Vornehmlich konnte festgestellt werden, dass ein Einfluss der bei starken Regenfällen in Wirksamkeit tretenden Nothauslässe aus den bacteriologischen Befunden nicht zu entnehmen sei.

Auch unsere chemischen Untersuchungen lassen einen solchen Einfluss nicht erkennen.

Ebensowenig lässt sich aus unseren Analysen ersehen, ob irgendwelche Abwässer besonderer Art (Industrieabwässer etc.)

Digitized by Google

dauernd oder zeitweise die Zusammensetzung des Spreewassers alteriren.

Eines aber lässt sich mit Sicherheit feststellen: der Einfluss der atmosphärischen Niederschläge.

Berechnet man nämlich die Durchschnittswerthe für die verschiedenen Entnahmezeiten, und zeichnet man dieselben, zugleich mit dem entsprechenden Pegelstande der Spree (Oberbaumbrücke) am Untersuchungstage, in Form einer Curve auf, so finden wir fast durchgehends hohe Durchschnittswerthe mit niedrigem Wasserstande und umgekehrt zusammenfallen. In der Anlage 3 findet man diese Curven für Chlor, Trockenrückstand und organische Substanz entworfen. Daselbst sind auch die Durchschnittszahlen der Keime pro Cubikcentimeter als Curve eingetragen, welche ein ähnliches Verhalten zeigen.

Diese Erscheinung ist ja nicht neu, sie ist z. B. vor längeren Jahren schon bei den chemischen Untersuchungen des Isarwassers constatirt worden.[1])

Der Eine von uns hat schon in dem ersten Theile dieser Arbeit seine Schlüsse aus den bacteriologischen Ergebnissen gezogen. Es sei gestattet, an dieser Stelle nun noch einmal die Ergebnisse der bacteriologischen und chemischen Untersuchung gemeinsam kurz zusammenzustellen, und im Anschluss daran zu prüfen, ob beide Untersuchungen die gleichen Schlussfolgerungen zulassen.

1. Der Keimgehalt des Spreewassers, sein Gehalt an Trockensubstanz, suspendirten Bestandtheilen und organischer Substanz wächst im Laufe des Flusses durch die Stadt an. Die höchsten Werthe liegen im allgemeinen an der Eberts-, Marschall- und Moltkebrücke.
2. Eine entsprechende Zunahme des Chlor- und Kalkgehalts ist nicht zu constatiren.
3. Die absolute Menge der mitgeführten Keime und der chemischen Bestandtheile hat sich — im Vergleich mit

1) Brunner und Emmerich, Die chemischen Veränderungen des Isarwassers, cit. Zeitschr. f. Biol., Bd. 14, S. 248.

den Untersuchungen aus dem Jahre 1886 — nicht vermindert, sie ist theilweise sogar grösser als früher.

4. Erkennbar beeinflusst werden die Mengenverhältnisse der Bacterien und der chemischen Stoffe nur durch die Veränderungen in der Flusswassermenge (Pegelstand).[1]) —

Da das Steigen der Chlormenge in einem Flusse bekanntlich fast ausschliesslich durch Verunreinigung des Wassers mit Harn und Koth verursacht wird, so könnten wir auf Grund unserer chemischen Untersuchungen von vornherein sagen, dass die Verunreinigung der Spree durch einfliessende Canal- und Rieselwässer mindestens keine grosse sein kann, denn, wie gezeigt, lässt sich ein Anwachsen der Chlorwerthe in der Spree nicht constatiren. Der Kalkgehalt erscheint in der Stadt gegen Grünau und Sacrow vermindert, ändert sich aber in der Stadt selbst nicht wesentlich. Diese Thatsache, die übrigens mit manchen anderen Flusswasseruntersuchungsbefunden gut übereinstimmt, ist ein zweiter Beleg dafür, dass die Zumischung von dem doch meist stark kalkhaltigen Canal- resp. Rieselwasser hier keine Rolle spielen kann.

Wir können also den städtischen Abwässern die Schuld an der Verunreinigung der Spree nicht zuschieben und müssen für diese nach anderen Quellen suchen.

Solche sind, wie schon oben ausführlich erörtert ist, wohl mit Recht anzusprechen: Schiffsverkehr und Lösch- und Ladewesen.

Dadurch erklärt sich auch ungezwungen die Steigerung der absoluten Mengen chemischer Bestandtheile gegen 1886.

Die gleiche Ursache müssen wir heranziehen zur Erklärung der im Landwehrcanal gefundenen chemischen Werthe (Hafenplatz und Lichtensteinbrücke. Anlage 1 Nr. 8 und 9). Dieselben sind — vor allem wieder was Trockenrückstand, suspendirte Bestandtheile und organische Substanz anbelangt — fast durchweg

1) Bei den Bacterien lässt sich ausserdem noch der Einfluss der Winterkälte erkennen.

Digitized by Google

höher als die Zahlen der Spreewasseranalysen, ja sie erreichen bisweilen eine sehr beträchtliche Grösse. Hier staut sich eben der Schifffahrtsverkehr gewissermaassen an. Dazu kommt die relativ geringe Wasserführung des Landwehrcanals.

Auch in seinen äusseren Eigenschaften steht dieses Canalwasser hinter dem Spreewasser zurück. Letzteres ist zwar in der Stadt durchgehends gelblich verfärbt, trübe und setzt einen mässigen Bodensatz ab, das Landwehrcanalwasser aber ist, besonders im Hochsommer, intensiv gelb, stark getrübt und zeigt einen schmutzigen Bodensatz und gröbere Verunreinigungen. Das Wasser aus Grünau dagegen war meist farblos und klar und führte nur wenig suspendirtes Material. Aehnlich verhielt sich das Sacrower Wasser.

Wie schwierig es ist, selbst aus periodisch ausgeführten Flusswasseruntersuchungen, sichere Schlüsse zu ziehen, ist bekannt. Schwankt ja doch sogar die Qualität eines Wassers an verschiedenen Stellen desselben Querprofils erheblich.[1]) Viele uncontrolirbare Zufälligkeiten und Umstände verschleiern gewiss oft den wahren Sachverhalt.

So findet sich auch in unseren Beobachtungen manches Auffällige und nicht Erklärliche. Wenn wir trotzdem annehmen, dass unsere Durchschnittszahlen ein im wesentlichen richtiges Bild liefern, so bestärkt uns in dieser Anschauung die Thatsache, dass unsere bacteriologischen und chemischen Resultate im allgemeinen gut zu einander stimmen.

Das Eine ergeben unsere Untersuchungen jedenfalls mit Sicherheit: Trotz des Ausschlusses der Abwässer Berlins von der Spree, und trotz der Verbesserung ihrer Zuflüsse hat der Fluss eine Verbesserung seiner Beschaffenheit in bacteriologischer wie chemischer Hinsicht bis jetzt nicht aufzuweisen.

Gehört die Spree auch nicht gerade zu den widerlich verunreinigten Flüssen, so ist sie doch, ihrer Beschaffenheit nach, nicht nur zur Wasserversorgung, sondern auch zu man-

1) Köhn, Ueber die Untersuchungsmethoden zur Feststellung der Selbstreinigung des Flusswassers. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl., Bd. XXV, S. 693.

Digitized by Google

anderen Nutzzwecken (z. B. Baden) fast untauglich geworden. Diese Zustände müssen auch eine dringliche Mahnung für die Verwaltung der Canalisation sein, in dem Bestreben, die Nothauslässe so selten wie möglich zur Entlastung der Canäle zu benutzen, fortzufahren.

Der Schiffsverkehr und das Lösch- und Ladewesen scheinen eine Hauptquelle der Verunreinigung unseres Flusses zu sein. Und im Verhältnis zur geringen Wassermasse ist der Schiffsverkehr enorm entwickelt; der Wasserweg bildet eine der wesentlichsten Verkehrsadern unserer Versorgung mit Nahrungsmitteln und Waaren aller Art. Da man ihn nicht reduciren oder unterbinden kann, so werden wir wohl dauernd mit der Verunreinigung rechnen müssen.

Wir werden aber in nächster Zeit noch durch weitere Untersuchungen darthun, nach welcher Richtung hin eine weitere Besserung der Flusswasserverhältnisse versucht werden kann.

Anlage 1.

1. Untersuchung am 14. Juli 1896.

Witterung: Tagesmittel 21,3° C. Seit 7 Tagen schönes Wetter mit sehr viel Sonnenschein. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,18. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,18 m. Unterwasser: 0,49 m.

Nummer	Entnahmestelle		Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calciumoxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt. Keime
0	Grünau (Dahme)		21,8	0,3	2,8	5,3	2,1	—	1 700
1	Oberbaumbrücke	Spree	24,6	—	3,0	4,5	2,3	Spur	12 800
2	Jannowitzbrücke	Spree	26,3	—	2,8	4,5	3,0	»	16 000
3	Friedrichsbrücke	Spree	25,3	—	3,1	4,5	3,2	»	36 900
4	Ebertsbrücke	Spree	25,3	—	3,0	6,2	3,1	»	2 700
5	Marschallbrücke	Spree	25,3	—	3,0	4,5	3,2	»	6 700
6	Moltkebrücke	Spree	27,1	2,6	2,9	5,3	3,3	»	12 700
7	Moabiterbrücke	Spree	27,0	2,4	3,0	7,9	3,4	»	30 300
8	Hafenplatz	Landwehr-Canal	29,1	3,7	5,0	7,9	3,1	starke React.	15 900
9	Lichtensteinbrücke	Landwehr-Canal	26,9	1,9	3,5	6,2	3,1	»	11 600
10	Sacrow (Havel)		24,5	2,2	3,1	6,2	2,6	»	158

Salpetersäure: Spur in 2, 4, 5, 7. Salpetrige Säure: Spur in 3, 5, 6.

Digitized by Google

2. Untersuchung am 28. Juli 1896.

Witterung: Tagesmittel: 24,4° C. Seit 3 Tagen kein Regen, Wetter schön und heiss. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,23. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,23 m. Unterwasser: 0,45 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calciumoxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt. Keime
0	Grünau	21,1	0,4	2,9	7,9	2,6	—	7 000
1	Oberbaumbrücke	24,3	1,4	3,4	4,5	2,7	Spur	20 800
2	Jannowitzbrücke	25,8	2,6	3,3	7,0	3,0	»	6 340
3	Friedrichsbrücke	25,0	3,4	3,2	7,9	2,9	»	22 400
4	Ebertsbrücke	27,6	2,2	3,4	7,9	3,3	»	9 160
5	Marschallbrücke	26,5	3,4	3,3	5,3	3,0	»	4 970
6	Moltkebrücke	24,0	1,3	3,5	6,2	3,1	»	29 000
7	Moabiterbrücke	26,3	2,1	3,5	6,2	2,9	»	17 400
8	Hafenplatz	31,3	9,4	3,6	5,3	4,3	starke React.	38 400
9	Lichtensteinbrücke	27,5	3,2	3,4	7,0	3,5	»	35 800
10	Sacrow	23,8	1,8	3,3	5,3	2,8	—	7 000

Salpetersäure in 1, 2, 3, 7. Salpetrige Säure: Spuren in 1—7 und 10. Starke Reaction in 8 und 9.

3. Untersuchung am 11. August 1896.

Witterung: Tagesmittel: 17,8° C. Seit 3 Tagen kein Regen, Wetter schön, sonnig, warm. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,22. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,20 m. Unterwasser: 0,46 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calciumoxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt. Keime
0	Grünau	20,3	1,8	2,9	7,0	3,4	Spur	1 100
1	Oberbaumbrücke	24,0	2,5	3,3	5,3	3,6	»	35 400
2	Jannowitzbrücke	24,0	2,8	3,3	5,3	3,6	»	77 400
3	Friedrichsbrücke	21,3	3,0	3,3	5,3	3,8	»	84 600
4	Ebertsbrücke	25,0	3,5	3,3	5,3	4,0	»	152 200
5	Marschallbrücke	25,0	4,7	3,5	3,6	3,7	»	149 600
6	Moltkebrücke	24,5	2,2	3,4	3,6	3,6	»	936 000
7	Moabiterbrücke	24,5	1,8	3,4	5,3	3,6	»	81 000
8	Hafenplatz	29,0	8,2	3,5	6,2	4,4	»	7 200
9	Lichtensteinbrücke	24,1	0,9	3,6	5,3	3,7	»	65 200
10	Sacrow	23,1	1,8	3,2	8,7	3,6	»	4 200

Salpetersäure in 1—10. Salpetrige Säure 1—9.

Digitized by Google

4. Untersuchung am 25. August 1896.

Witterung: Tagesmittel: 15,0° C. Seit Tags vorher viel Regen, seit 3 Tagen kühleres Wetter. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,28. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,27 m. Unterwasser: 0,47 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calcium-oxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt. Keime
0	Grünau							540
1	Oberbaumbrücke							23 400
2	Jannowitzbrücke							57 400
3	Friedrichsbrücke							34 400
4	Ebertsbrücke							231 400
5	Marschallbrücke			Chemische Untersuchung nicht ausgeführt.				53 400
6	Moltkebrücke							41 200
7	Moabiterbrücke							84 600
8	Hafenplatz							12 600
9	Lichtensteinbrücke							5 200
10	Sacrow							3 800

5. Untersuchung am 8. September 1896.

Witterung: Tagesmittel: 15,0° C. Bis 48 Stunden vorher starker Regen, kühles Wetter. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,24. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,24 m. Unterwasser: 0,51 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calcium-oxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt Keime
0	Grünau							600
1	Oberbaumbrücke							10 400
2	Jannowitzbrücke							16 400
3	Friedrichsbrücke							14 400
4	Ebertsbrücke							17 200
5	Marschallbrücke			Chemische Untersuchung nicht ausgeführt.				15 200
6	Moltkebrücke							14 200
7	Moabiterbrücke							17 600
8	Hafenplatz							22 500
9	Lichtensteinbrücke							43 540
10	Sacrow							186

Digitized by Google

6. Untersuchung am 22. September 1896.

Witterung: Tagesmittel: 11,3° C. Gestern mehrere kurze Regenschauer, Wetter trübe, seit 3 Tagen kühler. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,31. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,30 m. Unterwasser: 0,57 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calcium-oxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt. Keime
0	Grünau	21,0	4,4	2,8	6,5	2,7	fehlt	400
1	Oberbaumbrücke	23,3	4,0	2,7	4,8	2,9	Spur	29 400
2	Jannowitzbrücke	24,3	3,4	2,7	6,5	2,6	fehlt	27 000
3	Friedrichsbrücke	23,3	4,5	3,0	5,7	3,0	»	13 000
4	Ebertsbrücke	23,6	5,2	3,0	5,7	2,6	Spur	8 020
5	Marschallbrücke	22,0	4,0	2,9	4,8	2,7	fehlt	7 400
6	Moltkebrücke	22,0	5,2	2,7	4,8	2,6	»	5 400
7	Moabiterbrücke	21,3	5,0	2,9	4,0	2,6	»	8 000
8	Hafenplatz	24,0	4,2	3,0	5,7	2,7	Spur	8 400
9	Lichtensteinbrücke	25,6	5,9	3,3	6,5	2,6	»	20 600
10	Sacrow	21,3	4,9	3,0	5,7	2,7	fehlt	800

Salpetersäure in 2, 3, 5—7, 9 und 10. Salpetrige Säure in 1—9.

7. Untersuchung am 6. October 1896.

Witterung: Tagesmittel: 10,5° C. Gestern längerer schwacher Regen und etwas Hagel, sonst trocken, trübe und kühl. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,28. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,26 m. Unterwasser 0,54 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calcium-oxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt. Keime
0	Grünau	18,6	—	2,8	7,0	2,8	fehlt	600
1	Oberbaumbrücke	21,0	—	2,7	6,2	2,7	»	11 000
2	Jannowitzbrücke	21,3	—	2,7	5,3	2,8	»	13 200
3	Friedrichsbrücke	21,6	—	2,8	7,0	2,6	»	7 100
4	Ebertsbrücke	23,6	—	2,6	6,2	2,9	»	13 400
5	Marschallbrücke	22,3	—	2,7	6,2	3,0	»	11 700
6	Moltkebrücke	22,1	—	2,7	6,2	2,9	»	18 200
7	Moabiterbrücke	21,0	—	2,7	3,6	2,7	»	10 000
8	Hafenplatz	22,3	—	2,7	4,5	2,7	»	12 800
9	Lichtensteinbrücke	23,3	—	2,9	5,3	3,3	»	45 200
10	Sacrow	22,5	—	3,1	4,5	2,5	»	110

Salpetersäure in 1, 4, 5, 10. Salpetrige Säure in 10.

Digitized by Google

8. Untersuchung am 20. October 1896.

Witterung: Tagesmittel: 8,2° C. In letzter Zeit viel Regen ausser gestern, wenig Sonne und fallende Wärme. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,31. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,27 m. Unterwasser: 0,62 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calcium-oxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt. Keime
0	Grünau	21,0	—	2,9	6,2	2,4	fehlt	1 400
1	Oberbaumbrücke	21,0	—	2,4	5,3	2,7	»	5 300
2	Jannowitzbrücke	24,8	—	2,5	4,5	3,0	»	5 800
3	Friedrichsbrücke	21,6	—	2,6	3,6	2,4	»	2 200
4	Ebertsbrücke	21,6	—	2,4	6,2	2,1	»	2 400
5	Marschallbrücke	22,1	—	2,5	7,0	2,9	»	23 000
6	Moltkebrücke	21,3	—	2,4	3,6	2,7	»	4 400
7	Moabiterbrücke	21,6	—	2,6	5,3	2,8	»	16 000
8	Hafenplatz	23,3	—	2,7	5,3	2,7	»	37 000
9	Lichtensteinbrücke	22,6	—	2,5	4,5	2,8	»	13 400
10	Sacrow	21,6	—	2,8	5,3	2,3	»	4 400

Salpetersäure in 1, 3, 7, 9. Salpetrige Säure fehlt.

9. Untersuchung am 3. November 1896.

Witterung: Tagesmittel: 5,0° C. Wetter trübe und bis auf letzte Nacht trocken. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,26. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,22 m. Unterwasser: 0,62 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calcium-oxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt. Keime
0	Grünau	20,0	—	3,0	6,2	2,5	fehlt	200
1	Oberbaumbrücke	19,0	—	2,7	3,6	3,1	»	2 800
2	Jannowitzbrücke	20,8	—	2,6	6,2	3,2	»	11 500
3	Friedrichsbrücke	26,6	—	2,7	3,6	3,3	»	3 000
4	Ebertsbrücke	26,8	—	2,8	2,8	3,2	»	3 400
5	Marschallbrücke	21,0	—	2,8	3,6	3,2	»	17 500
6	Moltkebrücke	22,3	—	2,4	3,6	3,2	»	1 600
7	Moabiterbrücke	21,6	—	2,8	3,6	3,2	»	3 000
8	Hafenplatz	22,5	—	2,9	3,6	3,1	»	19 200
9	Lichtensteinbrücke	—	—	—	—	4,0	»	15 000
10	Sacrow	25,0	—	3,0	5,3	2,8	Spur	800

Salpetersäure in 1—10. Salpetrige Säure in 7 und 8.

Digitized by Google

10. Untersuchung am 17. November 1896.

Witterung: Tagesmittel: — 1,1° C. Seit 5 Tagen trocken, bedeckt, seit 3 Tagen geringer Frost. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,26. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,26 m. Unterwasser: 0,63 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calcium-oxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt. Keime
0	Grünau	22,0	1,6	2,8	6,2	2,6	fehlt	2 200
1	Oberbaumbrücke	20,3	2,2	2,2	5,3	3,5	»	3 200
2	Jannowitzbrücke	18,6	2,1	2,2	3,6	3,4	»	4 200
3	Friedrichsbrücke	—	2,1	2,3	3,6	3,6	»	2 000
4	Ebertsbrücke	21,3	2,7	2,2	5,3	3,7	»	15 400
5	Marschallbrücke	21,0	3,0	2,3	4,5	2,9	»	2 800
6	Moltkebrücke	21,3	1,2	2,3	5,3	3,7	»	2 200
7	Moabiterbrücke	20,6	1,6	2,3	4,5	3,7	»	4 800
8	Hafenplatz	21,8	1,2	2,4	5,3	3,8	»	3 400
9	Lichtensteinbrücke	24,0	1,5	2,4	3,6	3,9	»	6 400
10	Sacrow	25,3	0,8	2,6	6,2	3,3	Spur	1 400

Salpetersäure in 2, 5, 8, 10. Salpetrige Säure in 10.

11. Untersuchung am 1. December 1896.

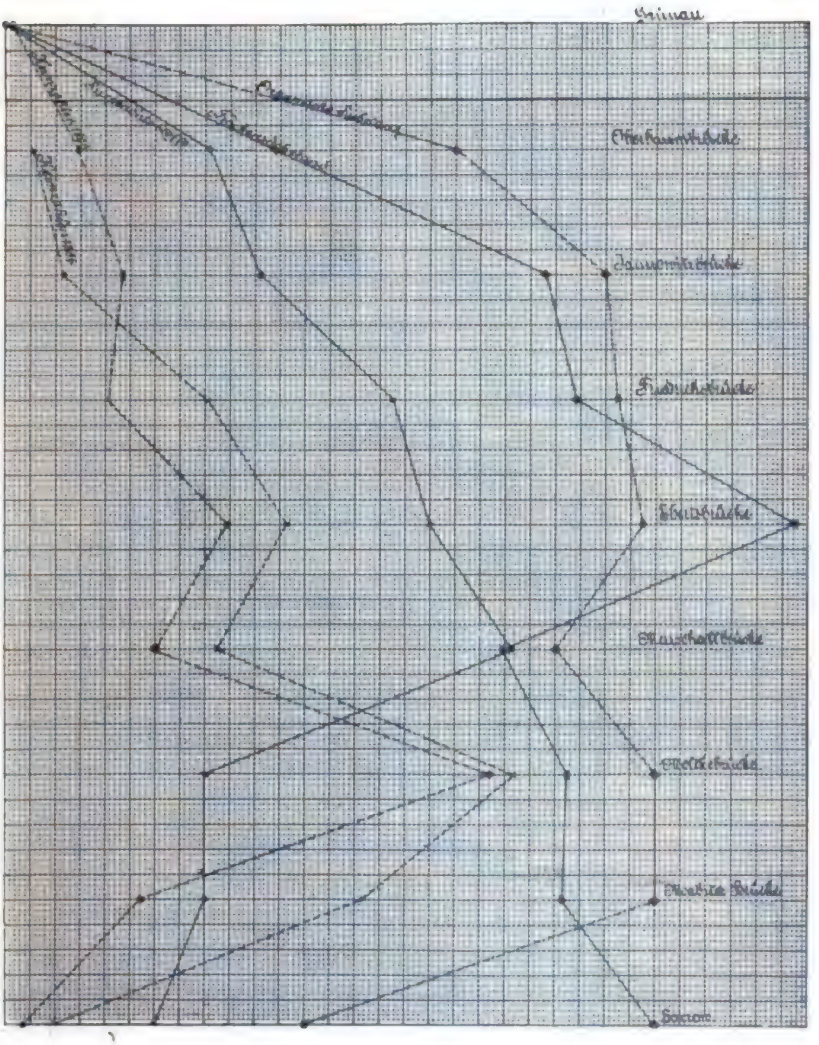
Witterung: Tagesmittel: + 1,5° C. Seit 4 Tagen mehrfache Schneefälle, besonders gestern, und schwacher Frost. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke: 2,29. Damm-Mühlen: Oberwasser: 2,26 m. Unterwasser: 0,57 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Chlor	Calcium-oxyd	Organische Substanz	Ammoniak	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelt. Keime
0	Grünau	21,0	—	3,0	5,3	2,7	fehlt	400
1	Oberbaumbrücke	19,0	—	2,4	2,8	3,5	»	4 500
2	Jannowitzbrücke	20,3	—	2,3	2,8	3,5	»	3 200
3	Friedrichsbrücke	19,6	—	2,4	3,6	3,4	»	4 320
4	Ebertsbrücke	20,3	—	2,3	1,9	3,5	»	2 400
5	Marschallbrücke	19,5	—	2,3	1,9	3,2	»	10 000
6	Moltkebrücke	22,6	—	2,4	3,6	3,4	»	5 800
7	Moabiterbrücke	23,0	—	2,3	2,8	3,6	»	4 800
8	Hafenplatz	23,0	—	2,5	3,6	3,7	»	2 400
9	Lichtensteinbrücke	23,3	—	2,4	3,6	3,6	»	4 400
10	Sacrow	24,3	—	2,6	3,6	3,4	»	3 400

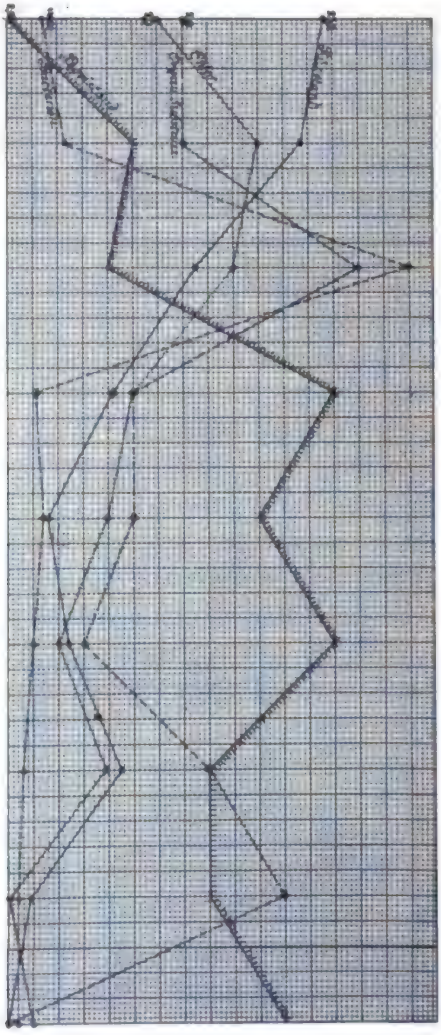
Salpetersäure fehlt. Salpetrige Säure: Spur in 10.

Digitized by Google

Anlage 2.



Anlage 3.



Anlage 4.

Nachweisung des Verkehrs auf den Wasserstrassen Berlins.

A. Segelschiffe.

Jahr	Gewicht der Ladung in Tonnen				Zahl der Schiffe				
	Durchgegangen	Angekommen	Abgegangen	Zusammen	Durchgegang.	Angekommen	Abgegangen	Zusammen	Davon beladen
1885	308 883	3 406 283	298 146	4 013 312	3 956	35 420	35 074	74 450	39 509
1894*	649 942	4 483 518	461 384	5 595 298	5 692	34 985	34 372	75 049	41 443
1895	480 607	4 596 614	448 471	5 525 692	4 066	34 546	33 926	72 538	39 970

* Nach Eröffnung der neuen Mühlendammschleuse.

B. Dampfer.

Jahr	Personendampfer		Schleppdampfer				Kettenschiffe			Güterdampfer					
	Angekommen	Abgegangen	Durchgefahren	Angekommen	Abgegangen	Zusammen	Angekommen	Abgegangen	Zusammen	Durchgef.	Angekommen	Abgegangen	Zusammen	Davon beladen	Gewicht der Ladung in Tonnen
1885	4217	4219	59	786	750	1 595	479	479	958	—	457	458	915	709	36 599
1895	7344	7340	93	5466	5469	11 028	—	—	—	2	628	631	1261	1152	78 092

C. Flösse.

Jahr	Durchgefahren		Angekommen	
	Zahl	Tonnen	Zahl	Tonnen
1885	—	15 501	—	16 548
1895	20	2 828	116	10 942

Nachweisung der durch die Berliner Schleusen vom Juli bis December 1896 gegangenen Schiffsgefässe und Flosshölzer.

Name der Schleuse	Juli		August		Septemb.		October		Novemb.		Dec.	
	Schiffe	Flösse	Schiffe	Flösse	Schiffe	Flösse	Schiffe	Flösse	Schiffe	Flösse	Schiffe	Flösse
Stadtschleuse (Kupfergraben) .	904	762	801	223	943	161	1136	237	1155	95	139	—
Mühlendammschleuse (Spree)	2694	92	2560	12	2243	6	2061	70	1549	82	784	8
Unterschleuse (Landwehrcanal)	1963	645	1884	947	1759	1164	1545	734	1199	172	382	—
Oberschleuse (Landwehrcanal)	1352	645	1330	934	1108	1084	1046	806	992	172	358	—
Cöpenick. Schleuse (Louisenstädtischer Canal) . .	225	—	230	—	316	57	227	—	181	—	20	—

Weitere Untersuchungen über die bacterienfeindlichen Stoffe der Leukocyten.

Von

Privatdocent Dr. **A. Schattenfroh,**
Assistent am Institute.

(Aus dem hygienischen Institute der Universität Wien.)

Einleitung.

Im 31. Bande dieses Archivs wurden von uns eine Reihe von Untersuchungen mitgetheilt, welche die bacterienfeindlichen Wirkungen der polynucleären Leukocyten zum Gegenstande hatten und sich zumeist mit der Wirksamkeit der beim Zugrundegehen der Zellen abgegebenen bactericiden Stoffe beschäftigten. Unsere Arbeiten brachten einmal zum ersten Male den strikten Beweis ihrer Existenz und machten weiters auf einige Eigenthümlichkeiten derselben hinsichtlich ihres Verhaltens einzelnen Bacterienarten gegenüber, hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit bei Einwirkung höherer Temperaturen u. s. w. aufmerksam. Besonders hervorgehoben wurde, dass sich in mancherlei Beziehung Unterschiede ergeben zwischen der Wirkungsweise des activen Blutserums (der »Alexine« Buchner's) und jener der Leukocytenstoffe; es wurde jedoch die Vermuthung ausgesprochen und dieselbe experimentell gestützt, dass die Differenzen keine principiellen seien, so dass vorläufig kein Grund vorläge, die polynucleären Leukocyten nicht als die Spender der Serumalexine anzusprechen.

Weiters wurde betont, dass das Nucleohiston, der Hauptbestandtheil der Leukocytentrockensubstanz, den bactericiden Wirkungen derselben vermuthlich vollkommen ferne steht und wohl zu jenen Stoffen zu zählen ist, die gelegentlich „antibactericid" wirken.

Schliesslich war es uns gelungen, Extracte der bactericiden Stoffe zu gewinnen, wenngleich die hiebei in Anwendung gekommenen Methoden in Bezug auf die Gründlichkeit der Extraction noch manches zu wünschen übrig liessen.

Als Ergänzung zu den damals veröffentlichten Versuchen stellten wir nun weiter fest — und hierüber soll zunächst berichtet werden —, wie sich die bactericiden Leukocytenstoffe gegenüber dem Salzgehalte, resp. der Salzverarmung ihres Mediums verhielten, ferner, ob sich Beziehungen ergäben zwischen ihrer Wirksamkeit und der globuliciden Action des Blutserums.

Im zweiten Theile dieser Abhandlung sollen dann die seit unserer ersten Mittheilung erschienenen einschlägigen Publicationen anderer Autoren, eingehend besprochen und daran unsere eigenen kritischen Versuche — soweit wir sie zur Klärung zweifelhafter Verhältnisse für nöthig hielten — angereiht werden.

I. Eigene Untersuchungen.

A. Die Beziehungen der Wirkungsweise der bactericiden Leukocytenstoffe zum Salzgehalte des Mediums.

Bekanntlich hat Buchner für die Serumalexine gefunden, dass sie zur Entfaltung ihrer vollen Wirksamkeit an einen gewissen Salzgehalt ihres Mediums gebunden sind; wurden aus dem Serum die Salze durch Dialyse entfernt, oder wurde dieses mit destillirtem Wasser verdünnt, woraus sich eine Verringerung der Salzconcentration ergab, so war die bactericide Wirkung desselben gegenüber einer Cultur des Typhusbacillus so gut wie erloschen. War somit die physiologische Salzconcentration überhaupt zum Zustandekommen der bactericiden Wirkung nöthig, so zeigte sich weiters eine günstige Beeinflussung der Alexine

Digitized by Google

durch die Salze in dem Sinne, dass sie bei über die Norm erhöhtem Salzgehalte höheren Temperaturen gegenüber widerstandsfähiger wurden.

Buchner erklärt den Einfluss des Salzgehaltes auf die Alexinwirkung aus dem Bau des activen Eiweissmoleküls: durch Verringerung oder völlige Entziehung der Salze werde die normale Zusammensetzung desselben — insoferne ja ein Theil der Salze zweifellos in engster Verbindung mit dem organischen Eiweissmolekül sich befände — gestört; die Folge davon sei die stark verminderte oder völlig aufgehobene bactericide Leistung.

Die Wirkung der Salze, die sich auf Erhöhung der Inactivirungstemperatur erstrecke, käme durch eine energischere Bindung des Lösungswassers zustande, so dass bei gesteigertem Salzgehalte der Umgebungsflüssigkeit die Alexine gleichsam in trockenerem Zustande — nach Analogie anderer Enzyme oder Fermente — weniger leicht durch hohe Temperaturen geschädigt würden.

Diese gewiss höchst interessanten Beziehungen veranlassten uns auch hinsichtlich der bactericiden Leukocytenstoffe der Frage näher zu treten. Wir vermutheten ähnliche Verhältnisse, wie sie für die Serumalexine gelten, anzutreffen, da sich bei unsern früheren Untersuchungen schon einmal anscheinend Anhaltspunkte hiefür ergeben hatten.

Wir hatten erfahren, dass die in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmten Leukocyten Temperaturen, bei welchen Vollexsudat fast stets inactivirt wird, ohne nennenswerthe Schädigung ertrugen und dachten u. a. daran, dass vielleicht in ähnlicher Weise wie für die Serumalexine hier ein conservirender Einfluss des relativ hohen Kochsalzgehalts sich geltend machen könne. —

Systematische Versuche haben nun ergeben, dass die bactericide Wirkung der Leukocytenstoffe von dem Salzgehalte des Mediums völlig unabhängig zu sein scheint, indem sie auch dann in ungeminderter Stärke einsetzt, wenn man statt physiologischer Salzlösung reines Wasser verwendet.

Digitized by Google

Wäscht man die Leukocyten nach dem Abcentrifugiren vom Exsudatplasma mit destillirtem Wasser — wobei sich die gequollenen Zellen schwerer als gewöhnlich absetzen — und schwemmt man sie gleichfalls darin auf, so wirken sie nach erfolgtem wiederholten Einfrieren und Aufthauen ebenso wie nach $^1/_2$stündigem Erwärmen auf 55 bis 60° C. auf das bact. coli und den Staphylococcus pyog. aur. kräftig bactericid. Diese Wirkung macht sich um so stärker geltend, als die salzfreien resp. salzarmen Flüssigkeiten nur einen schlechten Nährboden abgeben, sodass in den Controlproben, den — eventuell noch erwärmten — Filtraten der Zellflüssigkeiten, nur eine kümmerliche Entwicklung der eingesäten Bakterien stattfand.

1. Versuch.

Leukocyten aus einem Pleuraexsudat von einem jungen Kaninchen werden mit destillirtem Wasser gewaschen, hierauf in destillirtem Wasser aufgeschwemmt und 3mal eingefroren und aufgethaut (I). Ein Theil der Flüssigkeit wird filtrirt und $^1/_2$ Stunde auf 85° C. erwärmt (II). Ausgesät: Staphylococcus pyog. aur. (in dest. Wasser suspend.).

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	8 Std.
Ia	3 970	210	0
Ib	2 950	51	3
IIa	3 700	3 480	5 980
IIb	3 580	2 750	8 160

2. Versuch.

Gleiche Anordnung wie Versuch 1. Ausgesät: Bact. coli.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:			
	Gleich nach Aussaat	Nach		
		3 Std.	8 Std.	24 Std.
Ia	5 900	730	15	0
Ib	5 650	210	30	0
IIa	6 180	6 560	18 900	∞
IIb	6 540	6 900	7 100	∞

3. Versuch.

Mit destillirtem Wasser gewaschene Leukocyten werden in destillirtem Wasser suspendirt, $^1/_2$ Stunde auf 55° C. erwärmt (I). Ein Theil wird filtrirt (II); eine Portion des Filtrats wird $^1/_2$ Stunde auf 85° C. erwärmt (III). Ausgesät: Bact. coli.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach 8 Std.
Ia	9 400	92	52
Ib	9 830	31	0
IIa	9 150	860	490
IIb	9 900	610	300
IIIa	8 260	10 600	18 200
IIIb	8 490	8 550	12 300

In letzterem Versuche hatte auch das zellfreie Filtrat (II) bactericid gewirkt. Die schlechte Eignung dieser Flüssigkeiten als Nährboden für das bact. coli liess offenbar die bactericide Wirkung hier so deutlich hervortreten, während in den Kochsalz extracten nur in den seltensten Fällen eine solche erkennbar war (vgl. d. Archiv Bd. 31, S. 64).

In ganz analoger Weise wie die Zellen, zeigten sich die zellfreien Extracte und bei dieser Versuchsanordnung auch das Exsudatplasma[1]) in ihrer bactericiden Wirkung unabhängig vom Salzgehalte.

Für die Extracte war wegen der Minderwerthigkeit der uns zur Verfügung stehenden Methoden der Nachweis nur zum Theil zu führen u. zw. nur für den Staphylococcus. Das Exsudatplasma jedoch wies auch anderen Bacterien gegenüber das besprochene Verhalten auf.

Wir begnügten uns hiebei, die Flüssigkeiten durch Verdünnen mit Wasser salzärmer zu machen und verzichteten auf die Dialyse. Letztere eignet sich für die plasmatischen Flüssigkeiten deshalb nicht besonders, weil hiebei voluminöse Fällungen entstehen, die im Versuche stören.

1) Vgl. S. 142.

Digitized by Google

4. Versuch.

Isolirte Leukocyten werden mit im Verhältnisse von 1 : 5 mit physiologischer Kochsalzlösung verdünntem inactivirten Exsudatplasma wiederholt eingefroren; das Filtrat wird zum Theil mit physiol. Kochsalzlösung (I), zum Theil mit dest. Wasser im Verhältnisse von 1 : 6 verdünnt (III). Von beiden Flüssigkeiten wird ein Theil 1 Stunde auf 68° C. erwärmt (II und IV). Ausgesät: Staphylococcus.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		$3^1/_2$ Std.	9 Std.
Ia	3 900	2 660	2 430
Ib	3 420	1 900	2 900
IIa	3 160	5 800	sehr viele
IIb	4 100	6 100	sehr viele
IIIa	3 660	1 220	1 580
IIIb	3 650	910	730
IVa	3 620	3 980	sehr viele
IVb	3 300	4 100	sehr viele

Zwei weitere Versuche, mit unwesentlichen Modificationen angestellt, verliefen in analoger Weise.

5. Versuch.

Exsudatplasma wird einmal mit phys. Kochsalzlösung (I), anderseits mit destillirtem Wasser im Verhältnisse von 1 : 10 verdünnt (III); von beiden wird eine Portion $^1/_2$ Stunde auf 60° C. erwärmt (II und IV). Ausgesät: Staphylococcus.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		4 Std.	10 Std.
Ia	7 600	250	360
Ib	7 100	190	520
IIa	7 800	fortschreitende Vermehrung	
IIb	7 840	fortschreitende Vermehrung	
IIIa	6 980	95	120
IIIb	7 150	86	111
IVa	6 800	fortschreitende Vermehrung	
IVb	7 640	fortschreitende Vermehrung	

Drei weitere Versuche, wie Versuch 5 angestellt, ergaben stets dasselbe Resultat.

Digitized by Google

Bei allen war die bactericide Wirkung in den mit destillirtem Wasser versetzten Proben eher eine stärkere als in den Controlflüssigkeiten, was in gleicher Weise wie bei den früheren Versuchen mit den zellhaltigen Flüssigkeiten sich erklärt.

6. Versuch.

In gleicher Weise wie Versuch 5 angeordnet. Ausgesät: Bact. coli.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	7 Std.
Ia	2 860	260	560
Ib	2 530	195	320
IIa	?	fortschreitende Vermehrung	
IIb	2 730	fortschreitende Vermehrung	
IIIa	2 220	125	160
IIIb	2 800	88	72
IVa	2 410	fortschreitende Vermehrung	
IVb	2 400	fortschreitende Vermehrung	

Den günstigen Einfluss des physiologischen Salzgehalts auf die Alexinwirkung kann man sich auch so vorstellen, dass die Conservirung des activen Eiweisses in einem Medium von normalem Salzgehalte besser erfolge als in einem, das künstlich salzarm gemacht wurde. Einer solchen Vermuthung hat schon Buchner bei seinen diesbezüglichen Untersuchungen gelegentlich Raum gegeben. Diese Vorstellung würde weiter zur Annahme führen, dass an sich zum Zustandekommen einer bactericiden Wirkung nicht unbedingt der physiologische Salzgehalt nöthig ist etwa in dem Sinne, dass ein salzarmes Eiweissmolekül vollständig die Fähigkeit einer bactericiden Wirkung eingebüsst hätte; man würde die Abnahme der bactericiden Fähigkeit dann darauf beziehen, dass die Eiweisskörper, wenn sie so abnormen, von den physiologischen völlig abweichenden Salzconcentrationen ausgesetzt sind, rascher ihre vitalen Eigenschaften verlieren und unwirksam werden.

Auf Grund dieser Erwägungen konnten wir noch an die Möglichkeit glauben, dass vielleicht erst dann der Einfluss der

Salzverarmung den Leukocytenstoffen gegenüber sich geltend mache, wenn er längere Zeit hindurch bestanden habe: Wir stellten demnach die Versuche in der Weise an, dass wir sowohl die isolirten Leukocyten, als auch das Exsudatplasma und die Zellextracte 4 bis 5 Tage, später sogar 2 bis 8 Wochen in Berührung mit dem destillirten Wasser liessen, ehe wir die bactericide Wirkung prüften. In diesem Falle, wo es sich um die conservirende Wirkung der Salze handelte, konnten wir, um den bacterienschädigenden Einfluss des Salzmangels zu vermeiden, für den eigentlichen Versuch die ursprüngliche physiologische Concentration durch Zusatz einiger Tropfen einer starken Kochsalzlösung wieder herstellen. Zum Vergleiche stellten wir Controlversuche mit Zellen, Plasma und Extracten an, die von vornherein in physiologischer Salzlösung aufgeschwemmt resp. damit verdünnt wurden.

Für die Zellkochsalzflüssigkeiten ist freilich hiedurch nicht völlige Gleichheit schliesslich erzielt, indem die Zellen in destillirtem Wasser viel schlechter macerirt werden, als in physiol. Kochsalzlösung. Dies suchten wir dadurch wieder auszugleichen, dass wir nicht unmittelbar, nachdem die Flüssigkeiten auf physiologische Salzconcentration gebracht waren, den bactericiden Versuch begannen, sondern mindestens einen Tag weiter zuwarteten, um es möglich zu machen, annähernd gleichviel Substanz in den Versuchsproben in Lösung zu bekommen.

Hiebei stellte sich nun heraus, dass in den Zellflüssigkeiten und den künstlichen Extracten auch ein conservirender Einfluss des normalen Salzgehaltes nicht zum Ausdrucke kam. Stets war es gleichgiltig, ob physiol. Kochsalzlösung oder reines Wasser verwendet worden war. Nur das Exsudatplasma, das sich in den früheren Versuchen (5) analog den Zellen verhalten hatte, machte bei dieser empfindlicheren Methodik in einzelnen Fällen hievon eine Ausnahme.

In 2 Versuchen nämlich blieb die bactericide Wirkung in den mit phys. Kochsalzlösung verdünnten Proben besser erhalten; in 6 andern auf gleiche Weise angestellten war dieser Unterschied nicht ausgeprägt.

Digitized by Google

7. Versuch.

Mit destillirtem Wasser gewaschene Leukocyten werden in destillirtem Wasser suspendirt und 5 Tage darin bei niedriger Temperatur belassen. Hierauf wird die Flüssigkeit auf einen Gehalt von 0,6% Na Cl gebracht und wiederholt eingefroren und aufgethaut (I). Ein Theil wird filtrirt (II). Ausgesät: Bact coli.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		$2^1/_2$ Std.	8 Std.
Ia	5 960	210	0
Ib	5 700	121	12
IIa	6 400	fortschreitende Vermehrung	
IIb	6 620	fortschreitende Vermehrung	

8. Versuch.

Mit destillirtem Wasser gewaschene Leukocyten werden zur Hälfte in physiologischer Kochsalzlösung, zur Hälfte in destillirtem Wasser 4 Tage gehalten. Dann wird so verfahren wie oben, nur werden die Zellen statt des Einfrierens $^1/_2$ Stunde auf 55° erwärmt. Ein Theil wird wieder filtrirt. Ausgesät: Bact. coli.

Zellen (urspr. in Kochsalzlösung) . . I,
Filtrat davon . . . . . II,
Zellen (urspr. in dest. Wasser) . . . III,
Filtrat davon . . . . . IV,

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	$8^1/_2$ Std.
Ia	8 560	26	10
Ib	9 100	19	0
IIa	8 960	fortschreitende Vermehrung	
IIb	8 540	fortschreitende Vermehrung	
IIIa	9 600	12	0
IIIb	8 360	3	0
IVa	8 880	fortschreitende Vermehrung	
IVb	8 100	fortschreitende Vermehrung	

9. Versuch.

Anordnung wie in Versuch 8. Nur bleiben die Zellen 8 Wochen in phys. Kochsalzlösung resp. in destillirtem Wasser und werden so wie in Versuch 7 wiederholt eingefroren und aufgethaut. Ausgesät: Staphylococcus.

Digitized by Google

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	9½ Std.
I a	3 900	190	590
I b	2 950	230	111
II	3 460	fortschreitende	Vermehrung
III a	3 660	216	430
III b	3 280	149	161
IV	3 750	fortschreitende	Vermehrung

10. Versuch.

Wie in Versuch 4 gewonnener, zellfreier Extract 4 Tage lang der Wirkung des destillirten Wassers ausgesetzt (III), Controle mit Kochsalzlösung verdünnt (I), beides im Verhältnisse von 1 : 6; (III) auf phys. Concentration gebracht. Von beiden Flüssigkeiten 1 Theil 1 Stunde auf 70° erwärmt (IV und II). Ausgesät: Staphylococcus.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		4 Std.	9 Std.
I a	6 900	2 900	5 700
I b	6 570	3 860	8 300
II	6 380	13 800	∞
III a	6 650	2 210	9 600
III b	7 800	3 100	4 900
IV	7 100	12 500	∞

11. Versuch.

Exsudatplasma, zum Theil mit phys. Kochsalzlösung (I) zum Theil mit dest. Wasser im Verhältnis von 1 : 10 verdünnt (III), 5 Tage lang im Eisschrank aufbewahrt; hierauf wird (III) auf phys. Concentration gebracht. Von beiden Flüssigkeiten wird ein Theil ½ Stunde auf 60° C. erwärmt. (II und IV). Ausgesät: Staphylococcus.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	8 Std.
I a	5 800	145	320
I b	5 140	192	870
II	5 900	fortschreitende	Vermehrung
III a	4 970	131	160
III b	5 260	111	280
IV	5 600	fortschreitende	Vermehrung

12. Versuch.

Genau so angeordnet wie Versuch 11. Ausgesät: Staphylococcus.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		$2^1/_2$ Std.	9 Std.
Ia	2 900	75	230
Ib	2 730	12	145
II	2 850	fortschreitende Vermehrung	
IIIa	3 600	84	195
IIIb	3 150	32	73
IV	3 100	fortschreitende Vermehrung	

13. Versuch.

Gleiche Anordnung wie Versuch 11. Proben eine Woche aufbewahrt. Ausgesät: Staphylococcus.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		4 Std.	11 Std.
Ia	5 800	870	3 970
Ib	6 730	310	2 300
IIa	5 900	fortschreitende Vermehrung	
IIb	6 680	fortschreitende Vermehrung	
IIIa	5 260	1 240	12 800
IIIb	5 300	910	11 600
IVa	5 740	fortschreitende Vermehrung	
IVb	5 590	fortschreitende Vermehrung	

Was die Erklärung für dieses abweichende Verhalten der Alexine und der Leukocytenstoffe hinsichtlich ihrer Beeinflussung durch den Salzgehalt des Mediums anlangt, so wird wohl in erster Linie — was wir schon bei einer früheren Gelegenheit angedeutet haben — daran zu denken sein, dass die bactericiden Stoffe in den Zellen in einem andern Micellar- oder Molekularcomplexe abgelagert sind, als in der Gewebs- oder Blutflüssigkeit (das Exsudatplasma vielleicht ausgenommen. s. u.). Acceptirt man die Buchner'sche Erklärung für die Wirkungsweise der Salze, indem man dieselbe als eine indirecte, durch den Bau

des Eiweissmoleküls veranlasste auffasst, so kann nichts Befremdendes darin liegen, dass diese Wirkung ausbleibt, wenn künstlich — sei es durch Erwärmen oder Einfrieren oder durch irgend eine andere Macerationsmethode — Verhältnisse geschaffen werden, die den natürlichen zweifellos nicht ohne weiteres entsprechen, — und dies um so weniger, als doch der Chemismus der Zellen ein ganz anderer ist als der der Blut- und Gewebsflüssigkeiten. Dass sich die künstlichen Extracte wie die Zellen verhalten müssen, haben wir ebenfalls schon einmal ausgesprochen. Nicht ohne weiters von der Hand zu weisen wäre eine andere Erklärung, wonach die bactericiden Leukocytenstoffe als Vorstufen der Serumalexine aufzufassen wären, die sich erst allmählig durch Abbau oder eventuell durch neue Anlagerung — darüber fehlt jegliche Vermuthung — in die »definitiven« Alexine umwandeln. In diesem Falle könnten sie natürlich auch noch abweichende Eigenschaften haben, ohne deshalb etwas völlig Anderes, von den Serumalexinen specifisch Verschiedenes zu sein. Das Verhalten des Exsudatplasmas ist unserer Erklärung nicht hinderlich, dasselbe kann ganz gut eine Mittelstellung zwischen Zelle und Blutserum einnehmen.[1]) Das Exsudatplasma könnte zunächst Blutalexine enthalten. Wenn letztere auch als nicht diffusibel angesehen werden und in Oedemflüssigkeiten anscheinend nicht transsudirt werden, so wäre es doch möglich, dass sie bei einer Entzündung — und als eine solche ist bekanntlich der Process aufzufassen, der sich nach Aleuronatinjection einstellt — wobei viel tiefergehende Läsionen an den Lymph- und Blutgefässen gesetzt werden, in das Exsudat übergehen. Wir sind mit einschlägigen Versuchen beschäftigt. Das Plasma enthält weiter zweifellos die bactericiden Leukocytenstoffe; und so wird es im einzelnen Falle — das Mengenverhältnis der beiden Stoffe wird ein variables sein — das

1) Wir haben in unserer ersten Abhandlung in diesem Archive das Exsudatplasma wegen seines Verhaltens bei der Inactivirung als gleichwerthig mit dem Blutserum aufgefasst. Nach unsern jetzigen Erfahrungen und den Angaben Bail's, auf die wir noch zurückkommen, wird man demselben besser die erwähnte hypothetische Mittelstellung zuweisen.

Verhalten des Serums oder das der Leukocyten zeigen können.[1]) Gewöhnlich ist anscheinend letzteres der Fall.

Noch einmal wollen wir es hier hervorheben, dass der Salzgehalt des Mediums auch für die Inactivirung der Zellstoffe gleichgiltig zu sein schien. Vers. 3 und mehrere nicht weiter erwähnte haben ergeben, dass die bactericide Wirkung der Leukocyten auch nach halbstündigem Erwärmen auf 55 bis 60° in destillirtem Wasser nicht erlischt. Wir thaten demnach gut, seinerzeit für die eigenthümliche Erscheinung, dass die in physiol. Kochsalzlösung aufgeschwemmten Zellen den Inactivirungstemperaturen des Vollexsudats widerstanden, nicht den relativ hohen Kochsalzgehalt allein verantwortlich zu machen, sondern nach einer andern Erklärung zu suchen, die wir in dem Fehlen der plasmatischen Substanzen, in der »Einfachheit« des Mediums gefunden zu haben glauben.

Zum Schlusse dieses Abschnitts führen wir noch zwei hieher gehörige Versuche an, die das Verhalten des Blutserums einer sehr empfindlichen Cultur des Choleravibrio gegenüber veranschaulichen. Man erkennt daraus, dass die bactericide Wirkung im Serum nicht unbedingt an die physiologische Concentration gebunden ist, dass sie aber bedeutend geschwächt wird, wenn man dasselbe mit Wasser verdünnt anstatt mit Kochsalzlösung, und dass die Conservirung der Alexine in der salzarmen Flüssigkeit eine sehr schlechte ist — genau so wie Buchner dies angegeben hat.

14. Versuch.

Kaninchenserum wird theils mit physiol. Kochsalzlösung (I), theils mit destillirtem Wasser (III) im Verhältnisse von 1 : 10 verdünnt. Von beiden Proben wird ein Theil 1 Stunde auf 60° C. erwärmt (II und IV). Ausgesät: Choleravibrio.

---

1) Selbst wenn man es nicht gelten lassen wollte, dass aus dem Serum Alexine in's Plasma durch Exsudation übergehen können, wird man letzteres auf Grund unserer Ausführungen im erwähnten Sinne auffassen können, indem es sowohl frisch producirte bactericide Stoffe, die noch alle Eigenthümlichkeiten der Zellen selbst zeigen, enthalten kann, als auch solche, die bereits die hypothetische Umwandlung in »Alexine« erfahren haben.

Digitized by Google

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:			
	Gleich nach Aussaat	Nach		
		3 Std.	8 Std.	24 Std.
Ia	5 200	15	0	0
Ib	4 900	12	0	0
II	4 800	fortschreitende Vermehrung		
IIIa	4 780	270	98	sehr viele
IIIb	4 530	510	211	sehr viele
IV	5 200	fortschreitende Vermehrung		

15. Versuch.

Kaninchenserum wird mit destillirtem Wasser (1 : 10) verdünnt und 2 Tage im Eisschrank aufbewahrt; hierauf wird es durch Zusatz einer entsprechend starken Kochsalzlösung auf physiol. Concentration gebracht (III). Zur Controle mit physiol. Kochsalzlösung verdünntes Serum (I). Von beiden wird ein Theil inactivirt (IV und II). Ausgesät: Choleravibrio.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:			
	Gleich nach Aussaat	Nach		
		2 Std.	7 Std.	24 Std.
Ia	6 970	12	0	32
Ib	6 800	18	0	620
II	6 500	fortschreitende Vermehrung		
IIIa	6 880	5 870	sehr viele	sehr viele
IIIb	5 500	6 900	sehr viele	sehr viele
IV	5 920	fortschreitende Vermehrung		

B. Die Beziehungen der bactericiden Leukocytenstoffe zur globuliciden Action des Blutserums.

Durch eine Reihe von Versuchen (Landois, Daremberg, Buchner u. A.) war es festgestellt worden, dass frisch gewonnenes Blutserum die rothen Blutkörperchen fremder Thierspecies aufzulösen vermag, und dass diese globulicide Wirkung durch Erwärmen des Blutserums auf 55 bis 60° zum Verschwinden gebracht werden kann.

Die Wirkung der verschiedenen Serumarten auf die verschiedenartigen Blutkörperchen war in diesen Versuchen

Digitized by Google

durchaus keine gleichmässige, indem in einzelnen Fällen (Hundeblutkörperchen — Kaninchenserum, Kaninchenblutkörperchen — Meerschweinchenserum) die Auflösung der rothen Blutzellen entweder gar nicht oder nur äusserst langsam erfolgte. — Buchner hielt auf Grund gemeinsamen Verhaltens bei der Inactivirung die globuliciden Stoffe des Blutserums für identisch mit den bactericiden und fasste beide unter der Bezeichnung »Alexine« zusammen.

Wir legten uns nun die Frage vor, wie sich denn die polynucleären Leukocyten gegenüber den rothen Blutkörperchen fremder Thierspecies verhielten.

Wir verwendeten ausschliesslich Kaninchenleukocyten und rothe Blutkörperchen von Meerschweinchen, da sich letztere als besonders geeignet erwiesen hatten. Die Technik der Versuche war im Wesentlichen dieselbe, wie wir sie für die bactericiden Versuche in Anwendung gebracht hatten und wie sie Buchner für die Prüfung der globuliciden Fähigkeit angegeben hat. Nur in einer Beziehung wichen wir ab: wir verdünnten das defibrinirte Meerschweinchenblut nicht mit phys. Kochsalzlösung, sondern fügten zu den auf ihre blutkörperchenlösende Wirkung zu prüfenden Proben 1 bis 2 Tropfen der unverdünnten Blutflüssigkeit hinzu. Da wir zum Theil mit trüben Flüssigkeiten — in jenen Fällen, wo wir die aufgeschwemmten Zellen untersuchten — zu arbeiten hatten, mussten wir von Zeit zu Zeit centrifugiren, um eine eventuelle Lösung des Blutfarbstoffs sicherer beurtheilen zu können.

Wir prüften sowohl die theils durch Gefrieren, theils durch Erwärmen getödteten und in phys. Kochsalzlösung oder in inactivem Blutserum suspendirten Leukocyten als auch deren Extracte und ebenso das Exsudatplasma.

Es ergab sich nun in allen Fällen das bemerkenswerthe Resultat, dass niemals eine nennenswerthe Lösung der Meerschweinchenblutkörperchen erfolgte. In vielen Fällen war noch nach 24 Stunden — die Proben wurden stets bei 37° C. gehalten — die über den Zellen stehende klare Flüssigkeit vollständig farblos. Manchmal war wohl eine geringe Rothfärbung sowohl

Digitized by Google

in den Zellkochsalzflüssigkeiten als auch im activen Exsudatplasma (niemals in den Extracten oder im inactiven mit Leukocyten versetzten Blutserum) zu constatiren. Doch beziehen wir dies nicht etwa auf eine schwach wirksame globulicide Substanz, sondern auf eine mangelhafte Conservirung der rothen Blutkörperchen — ein Factor, mit dem man ja unter allen Umständen bei diesen Versuchen zu rechnen hat.

Solche leichte Verfärbungen treten nämlich auch in reiner physiologischer Kochsalzlösung, auch in Kochsalzlösungen von andern Concentrationen (0,5 bis 2%), in welchen man Meerschweinchenblutkörperchen suspendirt hat, auf. Kochsalzlösungen sind eben nicht das beste Conservirungsmittel für rothe Blutkörperchen; viel besser erhalten sich dieselben in inactivirten thierischen Flüssigkeiten.

Dass diese geringfügige Auflösung der rothen Blutkörperchen — die übrigens (s. Protokollauszüge) in manchen Fällen vollständig fehlt —, mit der globuliciden Wirkung des Serums gar nichts zu thun hat, erhellt weiter daraus, dass einige Male eine solche auch in Leukocytenkochsalzflüssigkeiten auftrat, die eine halbe Stunde auf 100° C. erhitzt waren.

Die röthliche Verfärbung des Exsudatplasmas — die gleichfalls in vielen Fällen fehlte — wird noch durch eine andere Ursache bedingt sein können. Abgesehen soll hier davon werden, dass das Exsudatplasma möglicherweise aus dem Blutserum globulicide Stoffe erhalten kann — dies scheint nicht der Fall zu sein; doch ein anderer Umstand verdient Beachtung.

Stets tritt nämlich kurze Zeit nachdem man das Meerschweinchenblut zum Kaninchenplasma hinzugefügt hat, im Röhrchen Gerinnung ein. Hiebei geht nun ein grösserer oder kleinerer Bruchtheil der Zellen zugrunde, wozu vielleicht auch das energische Schütteln, das nöthig wird, um die klumpigen Massen allmählig als Flocken abzuscheiden, noch beitragen kann. Hiedurch wird also ohne specifisch globulicide Stoffe eine geringfügige Rothfärbung des Plasmas zustande kommen können.

Zur Controle wurden stets Versuche mit dem Blutserum desselben Thieres angestellt und ebenso in allen Fällen

gleichzeitig die bactericide Kraft der Zellen oder Extracte u. s. w. untersucht.

In allen Versuchen war letztere dem Bact. coli wie dem Staphylococcus gegenüber ungeschwächt erhalten, während eine globulicide Wirkung niemals erkannt werden konnte.

16. Versuch.

a) Zur Prüfung der bactericiden Wirkung:

Isolirte Leukocyten in physiol. Kochsalzlösung suspendirt, wiederholt eingefroren und aufgethaut (I). Filtrat davon (II). Bact. coli.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach 8 Std.
Ia	9500	16	0
Ib	8900	28	0
IIa	8760	fortschreitende Vermehrung	
IIb	9100	fortschreitende Vermehrung	

b) Zur Prüfung der globuliciden Wirkung:

Die gleichen Flüssigkeiten wie in a), ausserdem noch Blutserum vom gleichen Kaninchen (III), zum Theile inactivirt (IV), werden zu je 2 ccm in sterile Röhrchen gefüllt und dann mit je 2 Tropfen defibrinirten Meerschweinchenblutes innig vermengt. Sämmtliche Proben werden in ein auf 37° C. erwärmtes Wasserbad eingebracht.

	Verhalten der einzelnen Proben:
Ia, Ib	Selbst nach 24 Stunden ist die über den Zellen stehende Flüssigkeit völlig farblos.
IIa, IIb	Gleiches Verhalten.
IIIa, IIIb	Vollständige Lösung in einigen Minuten.
IVa, IVb	Die rothen Blutkörperchen sind noch nach 24 Stunden vollkommen gut erhalten.

17. Versuch.

a) Zur Prüfung der bactericiden Wirkung:

Isolirte Kaninchenleukocyten werden zum Theil in Kochsalzlösung (I), zum Theil in inactivem Plasma aufgeschwemmt (III). Ein Theil der Zellkochsalzflüssigkeiten $^1/_2$ Stunde auf 100° erwärmt (II); (I) und (III) werden 3mal eingefroren und aufgethaut. Actives (IV) und inactives (V) Exsudatplasma. Ausgesät: Staphylococcus.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach 9 Std.
I	3 870	15	0
II	3 650	6 300	sehr viele
III	3 700	290	220
IV	3 250	12	0
V	3 280	fortschreitende	Vermehrung

b) Zur Prüfung der globuliciden Wirkung:

Die gleichen Flüssigkeiten wie in a), ausserdem actives (VI) und inactives (VII) Blutserum. Gleiche Anordnung wie in Versuch 16 b.

	Verhalten der einzelnen Proben:
Ia	In Ia nach ca. 10 Stunden leicht röthliche Färbung.
Ib	Ib andauernd farblos.
IIa, IIb	Nach 12 Stunden leicht röthlich gefärbt.
IIIa, IIIb	Bleibt vollständig farblos.
IVa, IVb	Bleibt vollständig farblos.
V	Bleibt vollständig farblos.
VIa, VIb	In kürzester Zeit Lösung der rothen Blutkörperchen.
VII	Die rothen Blutkörperchen bleiben gut erhalten.

18. Versuch.

a) Zur Prüfung der bactericiden Wirkung:

Vollexsudat (I), Exsudatplasma (II), zum Theil inactivirt (III). Isolirte Leukocyten in physiol. Kochsalzlösung $^1/_2$ Stunde auf 58° erwärmt (IV); Filtrat hievon (V). Ausgesät: Bact. coli.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach $3^1/_2$ Std.	Nach 8 Std.
I	4 600	31	2
II	4 260	98	5
III	3 900	fortschreitende	Vermehrung
IV	4 900	18	0
V	4 750	fortschreitende	Vermehrung

b) Zur Prüfung der globuliciden Wirkung:

Die gleichen Flüssigkeiten wie in a), ausserdem noch actives (VI) und inactives (VII) Serum. Gleiche Versuchsanordnung wie bisher.

	Verhalten der einzelnen Proben:
Ia, Ib	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
IIa, IIb	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
III	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
IVa, IVb	Beide Proben nach 24 Stunden leicht röthlich gefärbt.
V	Nach 12 Stunden schwach röthlicher Stich.
VI	In kürzester Zeit vollständige Lösung.
VII	Noch nach 24 Stunden keine Lösung.

19. Versuch.

a) Zur Prüfung der bactericiden Wirkung:

Isolirte Leukocyten, in inactivem Blutserum aufgeschwemmt, theils unverändert (I), theils wiederholt eingefroren (II). Inactives Serum (III). Leukocyten in physiol. Kochsalzlösung suspendirt und $^1/_2$ Stunde auf 55° C. erwärmt (IV). Filtrat davon $^1/_2$ Stunde auf 80° C. erwärmt (V). Exsudatplasma activ (VI) und inactivirt (VII). Ausgesät: Staphylococcus.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 2 Std.	Nach 8 Std.
I	2 820	1 260	4 900
II	2 700	420	360
III	2 220	fortschreitende	Vermehrung
IV	2 600	5	0
V	2 890	fortschreitende	Vermehrung
VI	3 200	2	0
VII	2 740	fortschreitende	Vermehrung

b) Zur Prüfung der globuliciden Wirkung:

Die gleichen Flüssigkeiten wie in a), ausserdem actives (VIII) und inactives (IX) Blutserum. Gleiche Versuchsanordnung wie bisher.

	Verhalten der einzelnen Proben:
Ia, Ib	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
IIa, IIb	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.

	Verhalten der einzelnen Proben:
III a, III b	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
IV a, IV b	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
V a, V b	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
VI a, VI b	Leichte Rothfärbung nach 24 Stunden.
VII a, VII b	Die rothen Blutkörperchen bleiben wohl erhalten.
VIII a, VIII b	Die rothen Blutkörperchen werden in kürzester Zeit aufgelöst.
IX a, IX b	Keine Lösung.

20. Versuch.

a) Zur Prüfung der bactericiden Wirkung:

Zellextract, durch Einfrieren von Leukocyten in inactivem Exsudate gewonnen (I). Zum Theil 1½ Stunden auf 68° C. erwärmt (II) Ausgesät: Staphylococcus. Kein nennenswerthes Haufenwachsthum.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	9 Std.
I a	2 760	560	340
I b	2 230	290	175
II a	2 900	fortschreitende Vermehrung	
II b	?	fortschreitende Vermehrung	

b) Zur Prüfung der globuliciden Wirkung:

Dieselben Flüssigkeiten wie in a), ausserdem actives (III) und inactivirtes (IV) Blutserum.

	Verhalten der einzelnen Proben:
I a, I b	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
II a, II b	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
III a, III b	Sofortige Lösung der rothen Blutkörperchen.
IV	Die rothen Blutkörperchen bleiben intact.

Digitized by Google

21. Versuch.

In Kochsalzlösung von verschiedener Concentration wird defibrinirtes Meerschweinchenblut eingebracht, und bei 37° C. gehalten.

Kochsalzlösung		Verhalten der einzelnen Proben in: während 24 Stunden
5‰	a	Geringfügige Lösung der rothen Blutkörperchen.
	b	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
5,5‰	a	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
	b	
6‰	a	Sehr schwache Rothfärbung in a); Fehlen derselben in b).
	b	
6,5‰	a	Geringfügige Lösung der rothen Blutkörperchen.
	b	
7‰	a	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
	b	Geringfügige Lösung der rothen Blutkörperchen.
7,5‰	a	Geringfügige Lösung der rothen Blutkörperchen.
	b	
8‰	a	Keine Lösung der rothen Blutkörperchen.
	b	

Aus den eben angeführten Versuchen ergibt sich eins mit aller Sicherheit: dass die bacterienfeindlichen Stoffe der Leukocyten in der Form, wie sie von den Zellen abgegeben werden, unmöglich identisch sein können mit den globuliciden Stoffen des Blutserums. Das folgt mit absoluter Gewissheit aus jenen Parallelversuchen, in denen die gleichen Leukocytenextracte, die kräftig bactericid wirkten, nicht im geringsten die rothen Blutkörperchen zu lösen im Stande waren. Wir halten es für ausgeschlossen, dass hiebei antagonistische Einflüsse sich geltend machen konnten, welche die rothen Blutkörperchen vor dem Zugrundegehen schützten: solche Compensationen sind wohl bei Organismen, wie sie die Bacterien z. B. vorstellen, möglich, wären aber in unserm Falle ganz unverständlich.

Als zweite Schlussfolgerung ergibt sich, wenn auch nur mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass die globuliciden Stoffe überhaupt nicht in den Leukocyten gebildet resp. von ihnen an das Blut abgegeben werden. Doch können wir dies nicht mit Bestimmtheit behaupten. Wenn wir auch die in einigen Versuchen

aufgetretene geringfügige Lösung von rothen Blutkörperchen, wie schon ausführlich auseinandergesetzt, nicht als die Folge einer eigentlich globuliciden Wirkung auffassen, so ist doch weiter die Möglichkeit vorhanden, dass die Leukocyten solche Stoffe enthalten und im Thier auch an das Blut abgeben.

Es wäre ja möglich, dass es einfach nicht gelingt, in vitro die Stoffe aus den Zellen frei zu machen, dass ein besonderer Lebensprocess der Zelle hiezu nöthig ist, wie er im Reagenzglase eben nicht zustande kommt; freilich, viel Wahrscheinlichkeit hat diese Vermuthung nicht für sich.

Aus der Thatsache, dass wir die bacterienfeindlichen Stoffe der Leukocyten und die globuliciden Stoffe des Blutserums für von einander verschiedene Substanzen halten müssen, ergibt sich weiter — soferne man an der Identität der bactericiden Stoffe in den Zellen und im Blute festhält — dass die bactericiden und die globuliciden Stoffe des Blutserums (die »Alexine« Buchners) ebenfalls von einander verschieden sein müssen. Nur in dem einen Falle brauchte man sich hiezu nicht zu entschliessen, wenn man der Meinung wäre, dass die bactericiden Leukocytenstoffe erst bei der Umwandlung in die »definitiven« Alexine die globulicide Fähigkeit erwerben. Diese Annahme erscheint uns aber gezwungener als die von uns ausgesprochene Vermuthung, dass die globuliciden Stoffe eigene, selbständige chemische Individuen sind.

Wir schlagen demnach vor, den Sammelausdruck »Alexine« fallen zu lassen und diese Bezeichnung nur — ihrer etymologischen Bedeutung entsprechend — für die bactericiden Stoffe des Serums zu gebrauchen.

II. Kritischer Theil.

Die Arbeiten Löwit's.

Wie wir bereits in unserer ersten Abhandlung (Nachtrag zur Correctur) kurz andeuten konnten, hat Löwit in dem 2. Abschnitte seiner Arbeit »Ueber die Beziehung der Leukocyten zur bactericiden Wirkung und zur alkalischen Reaction des Blutes

Digitized by Google

und der Lymphe«[1]) Mittheilung darüber gemacht, dass es ihm gelungen sei, aus Leukocyten (ein- und mehrkernigen) des Meerschweinchens und Kaninchens durch Zerreiben derselben mit fein gestossenem Glaspulver, von welchem man mit Vortheil grössere Mengen verwende, bactericide Stoffe zu extrahiren, die aber von den bisher gefundenen sich dadurch unterschieden, dass sie hitzebeständig waren. Dieselben wurden durch ein 5 Minuten langes Kochen nicht im geringsten geschädigt. Löwit hat seine Versuche mit einer Typhusbacillen- und Staphylococcencultur angestellt und hiebei ausserordentlich kräftige Wirkungen beobachten können, so dass die ausgesäten Bacterien nicht selten bis auf wenige Keime abgetödtet wurden. Gegen die Möglichkeit, dass diese Stoffe aus dem — übrigens nur sehr schwach wirksamen Lymphserum stammen könnten, schützte sich Löwit, indem er die Zellen 8 bis 10 mal auf der Centrifuge mit Kochsalzlösung wusch. Die Extracte stellen nach Löwit milchige, stets trübe filtrirende Flüssigkeiten von schwach alkalischer Reaction vor, die wenig durch Hitze fällbares Eiweiss enthalten, deutliche Biuretreaction geben und mit Essigsäure flockig oder klumpig gefällt werden.

Wir haben nun sofort nach Erscheinen der Löwit'schen Arbeit dieselbe nachgeprüft und theilten noch in unserer bereits in Druck befindlichen Abhandlung (Archiv f. Hyg. Bd. 31.) nachtragsweise mit, dass die von Löwit gewonnenen Substanzen nicht aus den Zellen sondern aus dem Glaspulver stammen.

Zu dieser, wie wir gerne zugeben, schwerwiegenden Behauptung waren wir durch unsere Versuche vollkommen berechtigt. Wir drückten zum Schlusse die Vermuthung aus, dass der hohe Alkalescenzgrad, wie ihn solche Glasextracte zeigen, mit an der hitzebeständigen bactericiden Wirkung betheiligt sei. Die bei dieser Gelegenheit angestellten Experimente wollen wir, um später Wiederholungen zu vermeiden, nicht in extenso hier anführen; unsere späteren Versuche sind zum Theile nach dem

1) Auf den ersten Theil der Abhandlung, der nach Löwit selbst zu keinen positiven Resultaten führte, soll hier nicht eingegangen werden.

gleichen Schema unternommen worden und beleuchten diese Frage in ausreichend erschöpfendem Maasse. Löwit hat nun vor Kurzem in einer zweiten Mittheilung alle seine Resultate aufrecht erhalten. Er wendet sich zunächst gegen unsere Behauptung, dass die Alkalescenz in den Zellextracten, welche durch das Auslaugen des zerriebenen Glaspulvers bedingt ist, das Absterben der Bacterien herbeiführen könne, nachdem in »guten Nährböden« ein solcher Alkalescenzzuwachs ganz gleichgiltig sei. Hiebei führt er Versuche an, die hiefür sprechen: Er verrieb Bouillon und Uschinsky'sche Nährlösung mit Glaspulver, ohne dass dadurch die normale Entwicklung nachträglich darin ausgesäter Typhusbacillen irgendwie gehemmt worden wäre. Die Alkalescenz war durch das Verreiben mit Glaspulver, wie Löwit durch Titriren mit Normalsalzsäure ermittelte, bis auf 0,1% Na OH (= $^1/_{40}$ Norm. Na OH) gestiegen, ohne angeblich irgend welche schädlichen Wirkungen auf die Typhusbacillen geäussert zu haben.

Nachdem also das Zerreiben von Glaspulver in Bouillon und Uschinsky'scher Lösung keine effectiv dem Bacterienwachsthum abträglichen Stoffe freigemacht hatte, war nach Löwit vorauszusetzen, dass die kräftige bactericide Wirkung der Zellextracte nicht dem aus dem Glase gelösten Alkali zugeschrieben werden dürfe, und dies wurde weiter dadurch bestätigt, dass er die Extracte, ohne dadurch die bactericide Wirksamkeit zu schädigen, mit Normalsalzsäure neutralisiren konnte.

Löwit meint ferner, dass unsere Resultate sich dadurch erklärten, dass wir ein Glaspulver benutzten, das einen stärkeren Alkalescenzzuwachs bedingte als die von ihm verwendete Sorte.

Wir wollen hier gleich hervorheben, dass letzteres durchaus nicht der Fall war und schon nach unserer ersten Mittheilung füglich ausgeschlossen werden konnte. Wir haben ja ausdrücklich erwähnt, dass der Alkalescenzgrad in den Zellextracten bis zu $^1/_{40}$ Norm. Alkali betrug. Ebenso hoch erhob er sich auch in den Löwit'schen Versuchen.

Weiter müssen wir, bevor wir auf unsere eigenen Untersuchungen zu sprechen kommen, bemerken, dass wir die Löwit-

schen Versuche mit Bouillon und Uschinsky'scher Nährflüssigkeit doch nicht für ganz exacte Controlversuche halten können. Wir haben uns seinerzeit bemüht, dadurch dass wir zur Controle physiologische Kochsalzlösung ohne Zellen mit Glaspulver verrieben, und zu diesen Extracten Serum hinzufügten, thatsächlich die gleichen oder wenigstens möglichst ähnliche Bedingungen zu schaffen, wie sie in der für die Glaszellextracte gewählten Versuchsanordnung geboten waren.

Unsere eigenen Versuche, wie wir an anderer Stelle schon kurz mitgetheilt haben, führten nun zu völlig anderen Resultaten als den Angaben Löwit's entspricht.

Schon das Eine konnten wir nicht bestätigen, dass in guten Nährlösungen die durch das Verreiben mit Glaspulver bedingte Alkalescenz für das Bacterienwachsthum gleichgiltig sei. Wir fanden im Gegentheil, dass in allen Fällen, wo wir entweder Bouillon mit Glaspulver verrieben oder wo wir zu Serum so behandelte Kochsalzlösung hinzufügten[1]), eine beträchtliche Hemmung des Bacterienwachsthums die Folge war. Dies trat auch zu Tage, wenn die Alkalescenz weniger als 0,1 % Na OH betrug. Dass thatsächlich die schädlichen Stoffe des Glaspulvers in diesem Falle durch »Alkaliwirkung« die Bacterien beeinflussten, konnten wir dadurch bekräftigen, dass stets nach vorsichtigem Neutralisiren der Proben mit $^1/_{10}$ Normal-Salz- oder Schwefelsäure — Phenolphthalein als Indicator — jeder hemmende Einfluss beseitigt erschien.

Wir prüften in der angegebenen Richtung 3 Staphylococcen- und 4 Typhusbacillenstämme.

22. Versuch.

Schwach alkalische Bouillon — auf Rosolsäure, aber nicht auf Phenolphthalein reagirend — (I) wird mit Glaspulver Nr. 1 (aus leicht schmelzbarem Glase gewonnen) durch 20 Min. intensiv verrieben; hierauf wird centrifugirt, wobei sich das ganze Glaspulver rasch abscheidet, und die Flüssigkeit sich fast vollständig klärt. Dann wird filtrirt und mit $^1/_{10}$ N-Schwefelsäure die Alkalescenz bestimmt; dieselbe betrug 0,092 % Na OH. Ein Theil

1) Für das Blutserum konnten wir dies schon in unserer ersten Abhandlung mittheilen.

dieser stark alkalischen Bouillon (II) wird neutralisirt (III). Ausgesät: Typhusbacillus I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	8 Std.
I	5 960	8 900	∞
II a	5 800	290	125
II b	5 250	1 120	370
III a	5 640	5 290	12 800
III b	6 100	6 280	11 700

23. Versuch.

Dieselben Versuchsflüssigkeiten. Ausgesät: Staphylococcus I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		$2^1/_2$ Std.	8 Std.
I a	7 950	9 600	∞
I b	7 430	8 500	∞
II a	7 500	5 200	3 700
II b	6 840	4 900	5 800
III a	7 830	7 500	sehr viele
III b	7 660	7 120	sehr viele

24. Versuch.

Schwach alkalische Bouillon wird mit Glaspulver Nr. 2 (gleichfalls aus weichem Glase bereitet) intensiv verrieben. Schliessliche Alkalescenz der klaren Flüssigkeit = 0,082% NaOH. Anordnung des Versuchs wie in den vorhergehenden. Ausgesät: Staphylococcus II.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	7 Std.
I a	1 870	2 840	∞
I b	1 650	3 100	∞
II a	2 090	1 630	3 400
II b	2 010	1 210	930
III a	1 730	2 500	18 000
III b	1 700	2 100	23 500

25. Versuch.

Die gleichen Flüssigkeiten wie in Versuch 24. Die gleiche Anordnung. Ausgesät: Typhusbacillus II und Typhusbacillus III.

a) Typhusbacillus II.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach $6^1/_2$ Std.
Ia	1 730	3 600	∞
Ib	1 540	3 200	∞
IIa	1 820	54	11
IIb	1 740	16	0
IIIa	1 550	2 800	sehr viele
IIIb	1 320	2 160	sehr viele

b) Typhusbacillus III.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 4 Std.	Nach $9^1/_2$ Std.
Ia	9 200	sehr viele	∞
Ib	8 820	sehr viele	∞
IIa	8 760	3 900	4 100
IIb	9 340	7 600	6 800
IIIa	8 500	15 800	sehr viele
IIIb	8 520	22 600	sehr viele

Die mit Blutserum angestellten Versuche sollen hier übergangen werden, da später zur Controle ausgeführte ganz gleich verliefen (vergl. u.)

Wir wollen unsern abweichenden Resultaten nicht zu viel Werth beilegen; es ist für die Frage nach der Existenz hitzebeständiger bactericider Stoffe in den nucleïnreichen Zellen ziemlich gleichgiltig, ob die schädlichen Stoffe des Glaspulvers, die ja von Löwit principiell durchaus nicht geleugnet werden, sondern nur als irrelevant hingestellt werden, in Bouillon oder Serum zur Geltung kommen können. Vielleicht sind da wirklich

bezüglich der einzelnen Bacterien, abhängig von deren verschiedenen Empfindlichkeit, so grosse Unterschiede vorhanden. Wichtig ist aber, dass stets nach dem Neutralisiren — gerade so wie Löwit es für die physiologische Kochsalzlösung angegeben hat — die Bacterien ungehindert oder fast ungehindert in Bouillon und Blutserum sich vermehrten.

Dies war für uns der Ausgangspunkt für die weiteren Untersuchungen.

Wir konnten nämlich — und dies widerspricht weiter den Angaben Löwit's — feststellen, dass auch die bactericide Wirksamkeit der Zellextracte, die öfter ebenso stark wie in den Löwit'schen Versuchen war, stets durch vorsichtiges Neutralisiren aufgehoben wurde.

Die durch Zerreiben hergestellten Zellextracte enthalten demnach keine wie immer gearteten, also auch keine hitzebeständigen bactericiden Zellstoffe, sondern verdanken ihre bacterienschädigenden Wirkungen nur den alkalischen, aus dem Glaspulver stammenden Substanzen. Das Zerreiben der Zellen bei gewöhnlicher Temperatur ist demnach von allen Extractionsmethoden die minderwerthigste. Wir hatten dies schon vor Jahren erfahren, indem es uns niemals gelang, durch Zerreiben der polynucleären Leukocyten bactericide Stoffe in Lösung zu bringen. Wir vermuthen, dass beim mechanischen Zerkleinern der Zellen bei gewöhnlicher Temperatur und in physiologischer Kochsalzlösung doch nur eine schlechte Maceration derselben erfolgt, und dass die überwiegende Menge der bactericiden Substanzen in den Zellresten bleibt und mit diesen und dem Quarzsand resp. Glaspulver durch das stets vorgenommene Centrifugiren entfernt wird. An eine schädliche Wirkung des Zerreibens, dass etwa die bactericiden Stoffe dabei vernichtet würden, denken wir zunächst nicht; dass mässiges Reiben ohne Quarzsand nicht schadet, können wir mit Bestimmtheit angeben.

Die Zellglasextracte verlieren nach dem Neutralisiren stets ihre bacterienschädigenden Eigenschaften, wenn man eines dabei nicht unterlässt. Man muss dafür sorgen, dass das Glaspulver, das sich ungemein fein zerreiben lässt, wirklich zum

Digitized by Google

grössten Theile aus den Proben durch Centrifugiren — Filtriren erweist sich wegen der Kleinheit der Glaspartikelchen als nutzlos — entfernt wird, sonst kann es sein, dass auch nach dem Neutralisiren die schädigende Wirkung des fein vertheilten Glaspulvers noch zum Theile sich geltend macht. Dass suspendirtes Glaspulver während des Versuches bei 37° weiter ausgelaugt wird, kann man ohne weiteres ersichtlich machen, wenn man solche aufgeschwemmtes Glaspulver enthaltende Extracte unter Zusatz von Phenolphthaleïnlösung neutralisirt. In kürzester Zeit ist wieder Rothfärbung der Flüssigkeit eingetreten, so dass man von neuem einige Tropfen verdünnter Säure bis zur Entfärbung hinzufügen muss; letzteres kann wiederholt nöthig werden.

Solches suspendirte Glaspulver wird nun nicht etwa nur in den Zellextracten nachträglich ausgezogen, sondern auch in reiner physiologischer Kochsalzlösung; wir haben hierüber besondere Versuche angestellt. Aber unter gleichen sonstigen Versuchsbedingungen ist die Wahrscheinlichkeit, dass in Kochsalzlösung (auch in Bouillon) Glaspulver zurückbleibt, eine viel geringere als sie für die Zellextracte besteht. Dies kommt davon, dass die Zellextracte ein höheres specifisches Gewicht als die physiologische Kochsalzlösung zeigen und daher viel leichter feine körperliche Elemente in Schwebe erhalten können.

Thatsächlich kann man sich im Versuche davon überzeugen, dass aus Bouillon und phys. Kochsalzlösung ziemlich rasch das Glaspulver sich durch die Centrifuge abscheiden lässt; ganz anders bei den Zellflüssigkeiten. Da setzt sich noch nach 6 bis 8 Stunden ununterbrochenen Centrifugirens ein Bodensatz ab, der, wie man leicht erkennt (Glühen auf dem Platinblech im Gebläse!), zum weitaus grössten Theile aus Glaspulver besteht. Auf diesem Gehalte an suspendirtem Glaspulver beruht auch das milchige Aussehen dieser Extracte. Hat man lang genug centrifugirt (ebenso nach 24- bis 48 stündigem Sedimentiren), so bleibt nur eine verschieden starke Opalescenz der Flüssigkeiten zurück.

Wir haben uns auch noch durch quantitative Bestimmungen des glühfesten Rückstands der Extracte, die zu verschiedenen Zeiten während des Centrifugirens ausgeführt wurden, überzeugt,

Digitized by Google

dass lange Zeit Glaspulver abgeschieden wird, indem stets kleinere Werthe für die Kieselsäure und deren Salze gefunden wurden.

Löwit hat besonders hervorgehoben, dass nur dann seine Extracte stark wirksam waren, wenn sie viel durch Essigsäure Fällbares — demnach viel Nucleohiston enthielten. Auch dies traf in unsern Versuchen nicht zu, es war die Menge dieses Niederschlags ganz gleichgiltig resp. es war stets, auch wenn durch Zusatz der Essigsäure sich ein »gallertiger« Niederschlag gebildet hatte, die bactericide Wirkung nach dem Neutralisiren, sofern wir das Glaspulver vollständig entfernt hatten, gleich Null. Die Menge des Essigsäureniederschlags kann nur indirect von Einfluss auf den schliesslichen Effect sein, indem im geraden Verhältnisse hiezu das specifische Gewicht der Flüssigkeit zu- und abnehmen muss.

Wir werden später noch einmal darauf zurückkommen, wollen aber doch hier bemerken, dass schon der Umstand, dass Löwit diesem Essigsäureniederschlage so viel Bedeutung beimisst, uns vermuthen liess, dass seine Extracte nicht den Zellen ihre Wirkungen auf die Bacterien verdanken, da das Nucleohiston — wie wir dies noch eingehend begründen werden — mit den bactericiden Fähigkeiten der Leukocyten gar nichts zu thun hat.

Wir stellten unsere Versuche wieder mit 3 Typhusbacillen- und 2 Staphylococcenstämmen an.

26. Versuch.

Isolirte Leukocyten vom Kaninchen werden in wenig physiol. Kochsalzlösung (2—3 ccm) suspendirt und in einer sterilisirten Reibschale intensiv mit Glaspulver (I) verrieben (25 Minuten). Mikroskopisch sind bereits nach 7 Minuten langem Reiben keine unversehrten Zellen mehr zu erkennen. Dann wird der Brei in 10 ccm physiol. Kochsalzlösung aufgerührt und in sterilen Röhrchen auf die Centrifuge gebracht. Nach $3^1/_2$ stündigem Centrifugiren ist anscheinend der grösste Theil des Glaspulvers sedimentirt. Es wird vom Bodensatze vorsichtig abgegossen und die noch schwachtrübe Flüssigkeit zum Theil mit $^1/_{10}$ N.-Schwefelsäure neutralisirt (hiebei gefundene Alkalescenz = 0,05% Na OH); mit Essigsäure starke, flockige Fällung.

Weiter wird zur Controle Glaspulver (I) mit 2—4 ccm physiol. Kochsalzlösung verrieben und weiter genau wie für die Zellextracte verfahren, wobei sich etwa schon nach 1 Stunde das suspendirte Glaspulver vollkommen abgeschieden hatte. (Alkalescenz der Flüssigkeit = 0,03% Na OH). Ein

Digitized by Google

Theil wieder neutralisirt. Für den Versuch wird zu allen Proben die gleiche Menge inactivirten Kaninchenserums hinzugesetzt. Ausgesät: Typhusbacillus I.

Glaszellextract und Serum . . (I),
Glaszellextract neutral. u. Serum (II),
Glasextract und Serum . . . (III),
Glasextract neutr. und Serum . (IV),
phys. Kochsalzlösung und Serum (V).

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach 9 Std.
Ia	4 900	80	55
Ib	5 400	102	112
IIa	5 600	7 400	18 600
IIb	5 850	8 900	16 500
IIIa	5 740	1 280	970
IIIb	5 210	1 490	1 220
IVa	4 810	3 760	6 900
IVb	5 160	3 280	8 800
Va	5 050	10 300	sehr viele
Vb	5 080	8 700	sehr viele

27. Versuch.

In ganz gleicher Weise wie Versuch 26 mit Glaspulver (II) angestellt. Alkalescenz des Zellextracts = 0,1%; Alkalescenz des Glasextracts = 0,09%. Ausgesät: Typhusbacillus II.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten		
	Gleich nach Aussaat	Nach 4 Std.	Nach 7 Std.
Ia	5 870	112	92
Ib	5 510	144	88
IIa	5 970	10 200	18 400
IIb	6 050	9 600	17 200
IIIa	5 840	211	150
IIIb	5 710	195	94
IVa	6 230	8 300	10 600
IVb	6 390	7 200	8 500
Va	6 400	fortschreitende Vermehrung	
Vb	5 800	fortschreitende Vermehrung	

28. Versuch.

In gleicher Weise wie Versuch 26 angestellt. Der Zellextract gibt mit Essigsäure gallertige Fällung. Alkalescenz desselben = 0,08%, Alkalescenz des Glasextracts = 0,05%. Ausgesät: Staphylococcus I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	8 Std.
Ia	4 700	2 580	2 100
Ib	4 950	3 200	2 970
IIa	4 560	8 500	13 200
IIb	4 630	6 200	10 750
IIIa	4 630	3 800	5 200
IIIb	4 890	4 270	4 100
IVa	4 700	5 800	10 700
IVb	5 200	5 900	9 260

29. Versuch.

Isolirte Leukocyten vom Kaninchen werden in 3—4 ccm physiol. Kochsalzlösung aufgeschwemmt und mit Glaspulver (III) $^1/_2$ Stunde verrieben. Mikroskopisch nur mehr Detritus erkennbar. In 10 ccm physiol. Kochsalzlösung vertheilt und centrifugirt. Nach 1 Stunde ein Theil abpipettirt; die Hälfte hievon mit $^1/_{10}$ N.-Salzsäure neutralisirt. (Alkalescenz = 0,09%). Die Flüssigkeit ist stark milchig getrübt und enthält noch viel suspendirtes Glaspulver (gefärbtes Präparat und Glühprobe). Der Rest wird weitere 5 Stunden centrifugirt, wobei die Flüssigkeit langsam durchsichtiger wird. Dann wird vorsichtig abgegossen, ein Theil wieder mit $^1/_{10}$ N.-Salzsäure neutralisirt (Akalescenz = 0,085%). Nur sehr kleine Mengen Glaspulvers sind noch in Suspension. Ausgesät: Typhusbacillus III.

Zuerst abgehobener Zellextract und Serum . . . (I),
» » » neutral. und Serum . (II),
Später gewonnener Zellextract und Serum . . . (III),
» » » neutral. und Serum . (IV),
Physiologische Kochsalzlösung und Serum . . . (V),

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	$8^1/_2$ Std.
Ia	7 900	111	92
Ib	7 580	84	63
IIa	7 820	4 230	2 600
IIb	7 770	2 900	2 200
IIIa	8 300	290	155
IIIb	8 200	185	121
IVa	7 950	8 200	21 800
IVb	7 600	9 100	22 900
V	8 150	fortschreitende Vermehrung	

Digitized by Google

In letzterem Versuche war demnach zu erkennen, dass infolge des noch in grosser Menge suspendirten Glaspulvers die Neutralisation der Flüssigkeit deren bactericide Wirkung nicht ganz zum Erlöschen brachte; immerhin wurde sie aber — im Gegensatze zu den Löwit'schen Ergebnissen — wesentlich herabgemindert.

30. Versuch.

Anordnung wie in Versuch 29. Alkalescenz des zuerst abgehobenen Extracts = 0,1%, Alkalescenz der länger centrifug. Flüssigkeit = 0,09%. Von beiden ein Theil am nächsten Tage mit $^1/_{10}$ N.-Schwefelsäure neutralisirt. Ausgesät: Staphylococcus II.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 4 Std.	Nach 10 Std.
Ia	2 700	1 320	410
Ib	2 880	940	280
IIa	2 960	2 280	3 950
IIb	3 200	2 800	5 600
IIIa	3 100	1 580	820
IIIb	2 650	1 210	540
IVa	2 800	5 900	sehr viele
IVb	2 910	6 160	sehr viele

31. Versuch.

Glaspulver (II) wird mit physiol. Kochsalzlösung intensiv verrieben; hierauf wird durch kurzes Centrifugiren der grösste Theil des Glaspulvers abgeschieden. Die obenstehende trübe Flüssigkeit wird abgegossen und weiter so lange centrifugirt, bis vollständige Klärung eingetreten war. Die Hälfte davon wird klar abpipettirt, der Rest wird mit dem feinen Bodensatz neuerdings aufgeschüttelt. Ausgesät: Typhusbacillus I.

Klarer Glasextract und Serum . . . (I),
Trüber » » » . . . . (III),
Klarer Glasextract neutral. und Serum (II),
Trüber » » » » . (IV),
Physiol. Kochsalzlösung und Serum . (V).

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach $7^1/_2$ Std.
Ia	5 590	820	320
Ib	5 400	760	440
IIa	6 100	8 300	sehr viele

Digitized by Google

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach $7^1/_2$ Std.
IIb	5 820	9 600	sehr viele
IIIa	6 280	390	49
IIIb	6 340	220	34
IVa	5 920	3 200	2 730
IVb	5 870	2 940	2 480
V	5 420	10 200	∞

Drei weitere mit Pulver aus schwer schmelzbarem Kaliglase angestellte Versuche verliefen in ganz gleicher Weise wie Versuch 26 bis 30, nur dass die bactericide Wirkung der nicht neutralisirten Proben, entsprechend der meist geringeren Alkalescenz derselben, eine durchschnittlich schwächere war.

Bemerkenswerth ist, dass in diesen Versuchen stets nach dem Neutralisiren die bactericide Wirkung der Zellextracte vollständig geschwunden war u. zw. auch dann, wenn das Glaspulver nicht vollständig entfernt wurde. Das schwerer lösliche Kaliglas wird eben nur, wie Versuche ergaben, sehr langsam ausgelaugt, so dass sich im Verlaufe eines Versuchs eine nur unbedeutende, ziemlich gleichgiltige Alkalescenzsteigerung ergibt.

Löwit hat in seiner 2. Mittheilung nur Versuche, die mit einkernigen Lymphzellen angestellt waren, mitgetheilt. Solche verschaffte er sich aus dem als Pankreas aselli bekannten Lymphdrüsenpaket grosser kräftiger Kaninchen.

Wir haben auch diese Versuche nachgeprüft und sind zu ganz dem gleichen Resultat gekommen wie früher bei den Versuchen mit polynucleären Zellen; auch aus den Lymphzellen lässt sich durch Zerreiben keine hitzbeständige Substanz gewinnen. Das Pankreas aselli präparirt man am besten in der Weise, dass man zunächst die Brusthöhle ausräumt und die ganze vordere und zum Theil auch die seitlichen Wände des knöchernen Brustkorbs entfernt. Hierauf wird die Bauchhöhle eröffnet und der Magen möglichst nach oben gespannt, wodurch die Gegend des plexus coeliacus leicht zugänglich wird.

Präparirt man nun noch das colon transversum vorsichtig ab, so zeigt sich gewöhnlich ohne weiteres Eingreifen das gesuchte Drüsenpaket, öfters von Fett- und Zellgewebe theilweise eingehüllt, aus dem man es leicht stumpf herausschält — wobei man stärkere Blutungen aus dem Venennetze bei einiger Achtsamkeit unschwer vermeidet.

32. Versuch.

Nach Löwit isolirte Lymphzellen aus dem Pankreas aselli; mit Glaspulver (II) zerrieben; weiter nach Löwit verfahren. Zellextract (Alkalescenz = 0,11%) mit Essigsäure flockige Fällung, theilweise mit $^1/_{10}$ N.-Schwefelsäure neutralisirt. Ausgesät: Typhusbacillus II.

Zellextract und Serum . . . (I),
Zellextract neutral. und Serum (II).

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach 7 Std.
Ia	8 850	270	109
Ib	8 260	115	84
IIa	9 200	8 600	sehr viele
IIb	9 140	10 500	sehr viele

33. Versuch.

Gleiche Anordnung wie in Versuch 32. Zellextract mit Essigsäure gallertige Fällung; Alkalescenz = 0,095%; ein Theil mit $^1/_{10}$ N. Salzsäure neutralisirt. Ausgesät: Staphylococcus I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach $7^1/_2$ Std.
Ia	4 600	580	420
Ib	4 220	640	510
IIa	4 570	6 200	sehr viele
IIb	4 800	5 400	sehr viele

Das wirksame Alkali in den Glaspulverversuchen ist das kieselsaure Salz. Stellt man sich aus dem käuflichen Wasserglas durch Fällen und wiederholtes Waschen mit Alkohol das reine kieselsaure Natron dar, so wirkt letzteres in 2 bis 5‰ wässriger Lösung (mit gleichen Theilen Blutserums vermengt)

Digitized by Google

auf Typhusbacillen kräftig bactericid; diese Wirkung verschwindet nach dem Neutralisiren ebenso wie die der Glasextracte, nur wurde hier wie bei letzteren (s. Vers. 26—31) beobachtet, dass in mit phys. Kochsalzlösung versetztem Blutserum das Wachsthum der eingebrachten Bacterien ein besseres war. Ob dies darauf beruht, dass das Kochsalz den Bacterien besser entspricht als das kieselsaure Natron, oder ob die Neutralisation der Extracte resp. der Wasserglaslösungen eine unvollständige war, und so noch geringfügige Alkaliwirkung sich geltend machen konnte, soll dahin gestellt bleiben.

34. Versuch.

Reines Natriumsilicat wird in 1% Lösung in solchen Mengen mit Kaninchenserum und physiologischer Kochsalzlösung versetzt, dass sich folgende Concentrationen ergeben. Ausgesät: Typhusbacillus III.

Concentration der Lösung an Natr. Silic.	Verhalten der Bacterien in den einzelnen Proben nach 24 Stunden
5‰	Kein Wachsthum.
4‰	Kein Wachsthum.
3‰	Kein Wachsthum.
2‰	Leichte Opalescenz der Culturflüssigkeit
1‰	Deutliches Wachsthum.
5‰ neutralis.	Beträchtliche Vermehrung.

Wir haben schon einmal kurz erwähnt, dass wir von vornherein das Ergebnis der Löwit'schen Untersuchungen für unwahrscheinlich hielten, weil es uns schon vor geraumer Zeit niemals gelungen war, die bactericiden Stoffe der Leukocyten durch Verreiben derselben mit Quarzsand zu extrahiren.

Nachdem nun Löwit neuerdings betont hat, dass man die Zellen energisch zu zerreiben habe, um das gewünschte Resultat zu erzielen, und wir seinerzeit nur die anfangs gegebene Vorschrift Löwit's[1]) beobachtet hatten, nahmen wir die Versuche nochmals auf, gelangten aber auch jetzt zu keinem andern Resultat. Es gelang uns niemals, aus mono- oder polynucleären Leukocyten durch Verreiben mit Quarzsand, auch wenn die phys.

1) »So lange zu zerreiben, bis mikroskopisch keine intacten Zellen mehr erkannt werden können.«

Kochsalzlösung schwach alkalisch gemacht wurde, bactericide Stoffe in dieselbe überzuführen.[1]) Dabei werden aber die Zellen ebenso rasch zerrieben als bei Anwendung von Glaspulver, so dass es nicht gerechtfertigt erscheint, etwa darin die Ursache der schlechten Erfolge zu erblicken, dass der Quarzsand sich zum Zerreiben minder gut eigne als das Glaspulver.[2]) Wir haben übrigens auf andauerndes Verreiben besonders Werth gelegt, ohne die Resultate dadurch zu ändern.

Im Anschlusse an die Zerreibungsversuche der Fress- und Lymphzellen des Kaninchens wollten wir noch weiter sehen, wie sich andere nucleïnreiche Organe hiebei verhielten und prüften zu diesem Zwecke die isolirten Zellen der Kalbsthymusdrüse und jene der Halslymphdrüsen des Rindes.

Aber auch hier konnten wir keine veränderten Verhältnisse feststellen; die erwähnten Organzellen liessen keine bactericiden Stoffe extrahiren.

35. Versuch.

Isolirte polynucleäre Leukocyten werden in physiol. Kochsalzlösung mit Quarzsand intensiv verrieben; hierauf wird centrifugirt. Der Quarzsand setzt sich ziemlich rasch ab. Die Flüssigkeit erscheint nicht trübe, doch deutlich opalescirend. Reaction nicht alkalisch. Zu gleichen Theilen mit Blutserum vermengt (I); zur Controle physiol. Kochsalzlösung mit Serum gemischt (II). Ausgesät: Staphylococcus II.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		$2^1/_2$ Std.	6 Std.
Ia	5 730	6 600	sehr viele
Ib	5 800	6 800	sehr viele
IIa	4 900	5 900	sehr viele
IIb	5 500	6 100	sehr viele

1) Hiemit soll nicht gesagt sein, dass es nicht unter Umständen möglich sein könnte, durch Zerreiben von polynucleären Zellen, wenn man besonders energisch hiebei vorgeht und dann nicht ausreichend lang centrifugirt, bactericide Flüssigkeiten mit labilen Eigenschaften zu gewinnen; in einem solchen Falle könnte man aber nicht von einem »Extracte« sprechen, da wären das Wirksame die unvollständig entfernten Zelltrümmer Wir haben Aehnliches nie erfahren.

2) Quarzsand hat sich übrigens als Zerkleinerungsmittel schon oft bewährt; es sei hier nur an die Gewinnung der neuen Tuberculinpräparate (R. Koch) und an die Darstellung der »Zymase« (Buchner) erinnert.

Digitized by Google

36. Versuch.

Gleiche Anordnung wie in Versuch 35. Ausgesät: Typhusbacillus III.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		$2^1/_2$ Std.	9 Std.
I a	8 940	9 230	sehr viele
I b	9 600	9 410	sehr viele
II a	9 800	9 900	sehr viele
II b	9 720	9 650	sehr viele

37. Versuch.

Isolirte Zellen aus dem Pankreas aselli des Kaninchens. Sonst verfahren wie in Versuch 35. Ausgesät: Staphylococcus I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		2 Std.	7 Std.
I a	3 740	3 800	sehr viele
I b	3 800	4 500	sehr viele
II a	4 100	4 600	sehr viele
II b	4 250	4 900	sehr viele

38. Versuch.

Gleiche Anordnung wie in Versuch 37. Ausgesät: Typhusbacillus II.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		4 Std.	$7^1/_2$ Std.
I a	10 600	sehr viele	∞
I b	11 200	sehr viele	∞
II a	9 900	sehr viele	∞
II b	10 800	sehr viele	∞

39. Versuch.

In ganz gleicher Weise wie bisher isolirte Zellen der Kalbsthymusdrüse; mit Quarzsand zerrieben. Den vorhergehenden Versuchen gleiche Anordnung. Ausgesät: Staphylococcus II.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach $6^1/_2$ Std.
Ia	3 700	5 800	sehr viele
Ib	3 950	6 100	sehr viele
IIa	3 660	5 750	sehr viele
IIb	3 800	5 800	sehr viele

40. Versuch.

Isolirte Zellen aus den Halslymphdrüsen des Rindes; gleiche Versuchsanordnung. Ausgesät: Staphylococcus I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach 8 Std.
Ia	7 900	12 800	sehr viele
Ib	7 540	15 600	sehr viele
IIa	7 400	9 300	sehr viele
IIb	7 450	10 600	sehr viele

41. Versuch.

Isolirte polynucleäre Leukocyten in einigen Cubikcentimetern einer 0,02% NaOH enthaltenden physiol. Kochsalzlösung aufgeschwemmt, mit Quarzsand verrieben. Hiebei quellen die Zellen erst auf und geben dann, bei weiterem Verdünnen des Zellbreis mit Kochsalzlösung eine weisslichtrübe Flüssigkeit von ziemlich grosser Viscosität. Weitere Anordnung den bisherigen Versuchen entsprechend. Ausgesät: Staphylococcus II.

Zellextract und Serum . . . . . (I),
physiol. Kochsalzlösung und Serum . (II).

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach 8 Std.
Ia	4 900	8 800	sehr viele
Ib	5 120	8 100	sehr viele
IIa	5 300	7 900	sehr viele
IIb	5 270	7 510	sehr viele

Was nun die Erklärung für den Ausfall der Löwit'schen Experimente anbelangt, so sind wir nicht im Stande, eine solche

Digitized by Google

zu geben[1]). Vermuthlich spielen hierin die von uns erwähnten Verhältnisse (Zurückbleiben des feinvertheilten Glaspulvers in den Versuchsproben) eine Rolle. Doch scheint es schwer, sie ganz allein hiefür verantwortlich zu machen. Vielleicht liegen andere Versuchsfehler vor; so neutralisirt Löwit mit einer starken Säure und wendet das Agarplattenculturverfahren an, das bereits von Denys und seinen Schülern als unzweckmässig erkannt worden war. Dass die Verschiedenheit der untersuchten Culturen von Bedeutung sein kann, müssen wir, wenn wir es auch natürlicher Weise von vornherein nicht direct in Abrede stellen können, doch als unwahrscheinlich ansehen, nachdem sich durch zahlreiche Arbeiten der letzten Jahre gezeigt hat, dass die einer Art angehörigen Stämme und Rassen so ziemlich den bactericiden Substanzen gegenüber das gleiche Verhalten zeigen.

Verschiedenheiten in dieser Richtung sind nur einige Male (Choleravibrio, Vibrio Metschnik.) im Zusammenhange mit einer besonders hohen Virulenz der Culturen beobachtet worden, im allgemeinen hat sich aber gezeigt, dass da gewisse Gesetzmässigkeiten angenommen werden können. So sind den Blutalexinen gegenüber die Choleravibrionen und Typhusbacillen empfindlich, während die Colonarten und die Staphylococcen von denselben nur in geringem Maasse beeinflusst werden, hiefür aber in Exsudaten, Aufschwemmungen isolirter Zellen rasch zu Grunde gehen. (Denys, Buchner, Hahn, Verf., Bail u. A.).

Dass Löwit eine besonders virulente Cultur etwa verwendet hätte — unsere Typhusstämme waren sämmtlich avirulent — ist

---

1) Dass die Wirkung der Glasextracte Alkaliwirkung ist, geht mit Wahrscheinlichkeit auch daraus hervor, dass jene Bacterien, die freiem Alkali gegenüber am empfindlichsten sind, auch in den Glasextracten am stärksten leiden. Wir haben keine systematischen Versuche hierüber angestellt, haben aber gefunden, dass die Staphylococcen I und II die, wie wir bei anderer Gelegenheit erfahren hatten (s. u.) von den untersuchten Culturen am wenigsten in alkalisirtem Blutserum beeinflusst wurden, auch in den Gaszellextracten am widerstandsfähigsten waren, während man nach den Untersuchungen, die bisher über die Staphylococcen vorliegen (Verf., Bail) gerade das Gegentheil erwarten müsste.

Digitized by Google

schon deshalb unwahrscheinlich, weil er sie offenbar durch längere Zeit im Laboratorium fortgezüchtet hat; ausserdem müsste man, höhere Virulenz vorausgesetzt, gerade erwarten, dass seine Cultur sich als widerstandsfähiger den vermeintlichen bactericiden Stoffen gegenüber erwiesen hätte als unsere Stämme, was eben nicht der Fall war.

Auch die Annahme, dass Löwit's Typhusbacillencultur besonders alkaliempfindlich war und deshalb im Zellglasextract zu Grunde ging, kann nicht befriedigen, nachdem sich ja in einem Theil seiner Versuche gezeigt hatte (Versuche mit Bouillon, Uschinsky'scher Flüssigkeit), dass dies nicht der Fall war[1]).

Die Löwit'schen Versuchsergebnisse können uns nicht abhalten, mit aller Bestimmtheit auszusprechen, dass man durch Zerreiben stark nucleïnhaltiger Zellen keine hitzebeständigen bactericiden Stoffe extrahiren kann, und dies um so weniger, als nach unserer Meinung Löwit einen Nachweis schuldig geblieben ist, den wir zwar nicht direct, aber doch laut genug gefordert hatten, den Nachweis, dass sich das gefährliche Glaspulver durch den unschädlichen Quarzsand ersetzen lässt.

Die Arbeiten Bail's.

Bail hat in diesem Archive, anschliessend an unsere vorläufigen Mittheilungen und fast gleichzeitig mit unserer ausführlichen Abhandlung, eine Reihe interessanter Versuche mitgetheilt, die sich mit der Extraction der bactericiden Stoffe aus den polynucleären Leukocyten beschäftigten. Die Methode, deren er sich hiebei bediente, basirte auf einer Entdeckung Van de Velde's. Der belgische Forscher hatte gefunden, dass

1) Eins wäre vielleicht nicht ganz auszuschliessen, dass Löwit's Cultur gerade dem suspendirten Glaspulver gegenüber besonders empfindlich war, insofern dadurch eine stetige Zunahme der Alkalescenz bedingt wird. Wegen des allgemeinen Interesses wollen wir hierüber gelegentlich Versuche anstellen.

virulente Staphylococcen sowohl im Körper der an der Infection zu Grunde gegangenen Versuchsthiere (im pleuritischen oder peritonealen Exsudate) als auch in künstlichen Culturen ein Stoffwechselproduct bilden, das sich für die weissen Blutkörperchen als ein intensives Zellgift erwies; dieselben gingen mit den durch Centrifugiren und Behandeln mit Aether zell- und keimfrei gemachten Exsudaten in Berührung gebracht, in kürzester Zeit zu Grunde, indem sie einer Art Zellauflösung unterliegen, die Bail in seinen ausführlich hierüber angestellten Untersuchungen genauer beschreibt. Van de Velde nennt dieses Gift Leukocidin. Die Zerstörung der weissen Blutkörperchen, der Schutzmannschaft des bedrängten Organismus, ist nach ihm der Grund für den tödtlichen Ausgang der Infection. Dieser Vorstellung liegt der von der Denys'schen Schule noch immer vertretene Standpunkt zu Grunde, dass die weissen Blutkörperchen durch einen Akt von Lebensthätigkeit, durch Secretion die bactericiden Schutzstoffe von sich geben (s. u.). Nun haben unsere Untersuchungen den Beweis erbracht, dass beim Absterben der Leukocyten deren bactericide Stoffe austreten, was schon durch die mit Exsudatflüssigkeiten angestellten Untersuchungen Buchner's und Hahn's wahrscheinlich gemacht worden war.

Wir haben weiter der Vermuthung Ausdruck gegeben, dass dies auch im Thierkörper der Fall sei.

Jetzt musste die Frage auftauchen, nachdem der einseitige Standpunkt der Denys'schen Schule als überwunden betrachtet werden konnte, was mit den bactericiden Stoffen der Leukocyten geschähe, wenn diese der Einwirkung des Leukocidins unterliegen.

Bail hat das Verdienst, zuerst hierauf eine Antwort gesucht zu haben.

Von vornherein war zu erwarten, dass dieselben geschädigt würden, nachdem ja die Thiere, sowie die leukocytenzerstörende Wirkung deutlich ausgesprochen war, zu Grunde gingen. Nach den Versuchen Bail's scheint dies nun nicht in dem Maasse der Fall zu sein. Bail konnte ermitteln, dass die bactericiden

Stoffe der Leukocyten durch die Einwirkung des Leukocidins nicht unwirksam werden, indem er bei dieser Behandlung der Zellen kräftig bactericide Flüssigkeiten gewann, welche auch nach Entfernung aller Zellreste sämmtlichen untersuchten Bacterienarten gegenüber wirksam waren. Bail hat allerdings in den meisten Fällen mit physiol. Kochsalzlösung verdünntes Leukocidin verwendet, doch war auch in jenen Versuchen, wo er sich des unverdünnten Leukocidins bediente, die bactericide Wirkung der Leukocytenstoffe erhalten geblieben. Leider sind die Erfahrungen Bail's über den Einfluss des concentrirten Exsudatplasmas nicht sehr ausgedehnte; er hat diese Seite der Frage nicht weiter verfolgt, indem es sich ihm mehr um die Gewinnung von Zellextracten, um die Feststellung einer Extractionsmethode handelte. Zu letzterem Zwecke eignete sich aber das unverdünnte leukocidinhaltige Exsudat nicht, weil es selbst in einigen Fällen bactericide Wirkungen entfaltet hatte.[1])

Die von Bail extrahirten Leukocyten stammten sowie in unsern Versuchen aus nach Buchner's Methode gewonnenen Aleuronatexsudaten; er hat aber die Zellen nicht isolirt, sondern bediente sich — anscheinend ohne es zu wissen — der von Denys geübten Methode. Er centrifugirte nämlich das dem Thier entnommene Exsudat und verwendete den Bodensatz ohne weitere Manipulationen; zur Controle stellte er Versuche an, wobei er statt der abcentrifugirten Leukocyten soviel Exsudatplasma dem verdünnten Leukocidin beifügte, als im besten Falle an und in den Zellen zurückgeblieben sein konnte. Unserem Isolirungsverfahren — dem Waschen der Leukocyten mit physiol. Kochsalzlösung — wirft Bail vor, dass hiedurch wohl das Exsudatplasma zwischen den Zellen, nicht aber die in die Zellen aufgenommene Flüssigkeit — und man müsse annehmen, dass die Leukocyten normaler Weise Flüssigkeit aus ihrer Umgebung aufnehmen — hiedurch entfernt werde.

---

1) Auf den darin gelegenen scheinbaren Widerspruch, dass in vitro die Leukocyten trotz Einwirkung des Leukocidins bactericid wirken, während man bei dem gleichen Vorgange im Thier ein Erlöschen dieser Function vermuthen würde, kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Digitized by Google

Wir gestehen offen, dass wir einen solchen, derart gestützten Einwand nicht erwartet hatten. Zahlreiche Erfahrungen der letzten Jahre haben doch die Ueberzeugung gefestigt, dass der Chemismus von Zelle und Körperflüssigkeit ein vollständig verschiedener ist, und dass man die alte Vorstellung, dass die Körperflüssigkeiten die Zellen gleichsam wie einen Schwamm allseitig durchdringen, nicht länger aufrecht erhalten kann.

Es soll hier nur an die Untersuchungen Bunge's über den Salzgehalt der rothen Blutkörperchen erinnert werden. Heutzutage ist man der Ansicht, dass das, was man in einer Zelle findet, mit ihrem Lebensprocesse zusammenhängt und nicht durch einfache Diffusion aus der Umgebungsflüssigkeit in dieselbe hineingelangt. So wird man also der Bail'schen Ansicht, dass in den weissen Blutkörperchen — grob mechanisch vorgestellt — unverändertes Exsudatplasma und damit auch dessen bactericide Substanzen vorhanden sein müssen, unmöglich zustimmen können. Der gegenseitige Austausch von gelösten Stoffen zwischen Zelle und Flüssigkeit, der selbstverständlich zum Leben der ersteren unbedingt nöthig ist, führt keineswegs zu einer gleichmässigen Anhäufung aller — sei es diffusiblen oder indiffusiblen — Bestandtheile letzterer in und ausserhalb der Zelle.

Eine andere Frage, die aber von der eben berührten völlig zu trennen ist, wäre die, ob nicht die Leukocyten, ebenso wie sie wohl im Stande sind, ihre bactericiden Stoffe an das Blut abzugeben, auch wieder solche Substanzen aus dem Blute in sich aufnehmen, in sich aufspeichern könnten — als Folge einer der Zelle anhaftenden Lebensthätigkeit. Dann wären die Leukocyten nicht so sehr die Producenten als vielmehr die Reservemagazine der Alexine. Auf welche Weise die bactericiden Stoffe in den Zellen entstehen, ob sie erst im Zellleib producirt oder von aussen aufgenommen werden (nach der Ansicht mancher Forscher aus dem Knochenmark) wissen wir nicht; wir wissen nur, dass sie in den Zellen vorhanden sind, und dies lässt uns die Betheiligung der Leukocyten an der Abwehr von Krankheitserregern nicht minder werthvoll erscheinen,

Digitized by Google

als wenn wir bestimmt erkannt hätten, dass sie die Bildner der Schutzstoffe sind.[1])

Wir wollen zu allem Ueberflusse noch besonders hervorheben, dass wir, lange bevor Bail unsere Versuchsanordnung kritisirte, bereits erfahren hatten, dass das den Leukocyten zugeschriebene Plasma in seiner Wirkung thatsächlich bedeutungslos ist, resp. dass die mit den Zellen erzielten bactericiden Leistungen nicht auf Rechnung mechanisch eingeschlossenen Exsudatplasmas gesetzt werden können.

Unsere Versuche hatten bereits ergeben, wie aus unsern kurzen Mittheilungen ersichtlich ist, dass, während (für unsere damals verwendeten Culturen s. u.) Exsudatplasma stets durch $^1/_2$ stündiges Erwärmen auf 60° C. inactivirt wird, Vollexsudat bei gleicher Behandlung häufig (dem Staphylococcus gegenüber stets) noch einen Theil seiner Wirksamkeit behält, und dass ebenso die mit inactivem Exsudat aus den Zellen hergestellten Extracte nicht völlig bei diesen Temperaturen ihre Activität verlieren.

Weiters waren uns die Resultate der Denys'schen Untersuchungen bekannt, in welchen sich auch stets, sowie bei Bail, herausgestellt hat, dass die Hinzugabe von einigen Tropfen Exsudatplasma zu den Controlproben das Versuchsresultat nicht beeinflusste.

Die weiteren Versuche Bails — wenn wir von einigen absehen wollen, die demonstriren sollten, dass auch im Thier eine Abgabe der bactericiden Stoffe unter Einwirkung des Leukocidins erfolge — beschäftigten sich hauptsächlich mit den Verschiedenheiten, welche die bactericiden Stoffe der Leukocyten und des Blutserums beim Erwärmen zeigen. Diese sollen, obwohl erst eine vorläufige Mittheilung (mit Protokollen) hierüber vorliegt, hier besprochen werden.

Bail hat zunächst gefunden, dass seine mit verdünntem Leukocidin (verdünntem Exsudat von an Staphylococceninfection zu Grunde gegangenen Thieren) gewonnenen Zellextracte durch

1) An eine mechanische Aufnahme der Umgebungsflüssigkeit durch die amöboiden Bewegungen der Leukocyten wird Bail wohl kaum gedacht haben?!

Digitized by Google

halbstündiges Erwärmen auf 55° nicht unwirksam werden und hat dies ursprünglich darauf bezogen, dass deren bactericide Stoffe durch den relativ hohen Kochsalzgehalt des Mediums — das leukocidinhaltige Exsudat wurde stets mit physiol. Kochsalzlösung verdünnt — vor der Inactivirung geschützt würden, ähnlich wie dies Buchner für die Serum-Alexine angegeben und wie wir es vermuthungsweise auch für die Leukocytenstoffe ausgesprochen haben.[1]) Nach Bail's damaliger Ansicht genügte diese Erklärung vollständig zur Annahme der Identität der bactericiden Zellstoffe und der Alexine.

Später ist Bail zu einer ganz anderen Anschauung gelangt.

Zunächst unsere Mittheilungen, dass die isolirten und in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmten Leukocyten einer Inactivirungstemperatur von 80 bis 85° bedürften, ferner die Arbeiten Löwit's, welche Bail trotz unserer Einwände für nicht widerlegt erklärt, bestimmten ihn, den Satz aufzustellen, dass es neben den labilen Alexinen hitzebeständige bactericide Stoffe in den Leukocyten gäbe, die u. a. auch in unsern Versuchen in Wirksamkeit getreten seien. Bail geht demnach noch viel weiter als wir, da wir die Möglichkeit ins Auge fassten, dass die Leukocyten von den Alexinen verschiedene bactericide Stoffe besässen, indem er neben diesen »hitzebeständigen« Substanzen auch noch die eigentlichen »Alexine« in den Leukocyten sucht.

Zu letzterer Annahme wurde er anscheinend dadurch geführt, dass seine mit Leukocidin gewonnenen Extracte schon bei 1 stündigem Erwärmen auf 65° unwirksam wurden; in ihnen seien demnach hauptsächlich die labilen Alexine enthalten. Wir können diese Auffassung unmöglich theilen.

Bail hat unsere Erklärung für das abweichende Verhalten der Zellkochsalzflüssigkeiten völlig ignorirt, obwohl sie auf positiver experimenteller Basis aufgebaut war. Wir haben gezeigt, dass die grössere Widerstandsfähigkeit der Zellkochsalzflüssigkeiten nichts Principielles bedeuten könne, sondern hauptsächlich — vielleicht ausschliesslich — durch das »einfache«, an

1) Wie schon öfter erwähnt, haben wir diese Ansicht später wesentlich modificiren müssen.

Digitized by Google

organischen, plasmatischen Stoffen arme Medium bedingt sei, indem kräftig bactericid wirkende, in Kochsalzlösung suspendirte Leukocyten, die eine halbe Stunde auf 60° erwärmt worden waren, durch nachträglichen Zusatz von plasmatischer Flüssigkeit fast ganz unwirksam gemacht werden konnten. Davon erwähnt Bail nichts, hingegen greift er eine andere von uns eingestreute Bemerkung — die wir übrigens zum Theil aufrecht erhalten müssen — auf, stempelt sie zur eigentlichen ausschlaggebenden Erklärung und — widerlegt sie. Bail behauptet, wir hätten angegeben, dass die Widerstandsfähigkeit der bactericiden Leukocytenstoffe auf quantitativen Verhältnissen beruhe, indem Exsudate, in denen man durch Centrifugiren die relative Leukocytenmenge um das Doppelte oder Dreifache steigere, ebenfalls durch $^1/_2$ stündiges Erwärmen auf 60° nicht unwirksam würden.

Davon ist bei uns nichts zu lesen.[1]) Wir haben nur gesagt: »es spielen quantitative Verhältnisse eine Rolle« und dies ist auch der Fall. Wenn dies auch bei Aussaat des Staphylococcus wegen dessen hoher Empfindlichkeit nicht immer klar zu Tage tritt, was wir gerne zugeben, so ist es ohne weiters für das bacterium coli ersichtlich zu machen. Wir haben neuerdings 2 Versuche angestellt, die unsere Anschauung zweifellos rechtfertigen.

42. Versuch.

Vollexsudat von einem Kaninchen. 2 Proben à 1 ccm werden $^1/_2$ Stunde auf 58° C. erwärmt (I), 8 ccm desselben Exsudats werden centrifugirt, und von der klaren Flüssigkeit werden 6 ccm abpipettirt; der Rest mit den Zellen wird aufgeschüttelt, zu gleichen Theilen in 2 Röhrchen vertheilt und gleichfalls $^1/_2$ Stunde auf 58° erwärmt (II). Ausgesät: Bact. coli I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	10 Std.
Ia	2 900	sehr viele	∞
Ib	2 760	sehr viele	∞
IIa	3 120	210	11
IIb	2 860	170	32

1) In unserer 2. vorläufigen Mittheilung haben wir es sogar ausdrücklich ausgesprochen, dass quantitative Verhältnisse die Erklärung nicht liefern können.

Digitized by Google

43. Versuch.

Gleiche Anordnung wie in Versuch 42. Ausgesät: Bact. coli. II.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		4 Std.	8 Std.
Ia	5 720	sehr viele	∞
Ib	6 140	sehr viele	∞
IIa	6 950	590	820
IIb	6 300	1 200	730

Ausser aus unsern und Löwit's Untersuchungen schliesst Bail auch aus eigenen Versuchen auf das Vorhandensein von zweierlei bactericiden Stoffen in den Zellen. Er hat bei Heranziehung einer grossen Anzahl der verschiedensten Bacterien eine gewisse Gesetzmässigkeit im Verhalten des auf 55° eine Stunde lang erwärmten Vollexsudats constatiren können. Einer Gruppe von Bacterien gegenüber war es hiedurch unwirksam geworden, während sämmtliche Staphylococcen — und einige Colonstämme noch darin beeinflusst wurden. Bail sagt nun selbst, dass dies darauf beruhen könne, dass der Staphylococcus und das Bact. coli den Leukocytenstoffen gegenüber am empfindlichsten seien; er nimmt aber lieber zu einer anderen — für uns viel gezwungeneren — Erklärung Zuflucht: er meint, dass im erhitzten Vollexsudate nur mehr die hitzebeständigen Stoffe der Leukocyten übrig seien, welche dann dem Staphylococcus und dem bact. coli gegenüber wirksam seien, während alle anderen Bacterien (B. typhi, vibr. cholerae as. etc.) von letzteren überhaupt nicht beeinflusst würden.[1]) Wir halten die erste Erklärung Bail's für die richtige.

Wir haben seinerzeit angegeben, dass im Gegensatz zum Verhalten der isolirten Zellen und theilweise auch des Vollexsudats das Exsudatplasma fast stets durch 10 Minuten langes Erwärmen auf 60° seiner bactericiden Fähigkeit beraubt wird.

1) Ein eigenthümlicher Gegensatz zu den später erwähnten Versuchen Bail's und zu den Versuchen Löwit's, in denen sich die Typhusbacillen so empfindlich gezeigt hatten!

Digitized by Google

Bail findet nun, dass dies nicht der Fall sei, und dass in allen Fällen, in denen das Vollexsudat noch nach dem Erhitzen auf 60° wirksam blieb, auch das Plasma bei dieser Temperatur nicht inactivirt wurde.

Die Versuchsergebnisse Bail's lassen sich nicht völlig bestreiten; das Plasma scheint wirklich besonders empfindlichen Staphylococcenstämmen gegenüber nach 1stündigem Erwärmen auf 55° noch einen Theil seiner Wirksamkeit zu bewahren. Wir haben dies selbst bei neuerdings angestellten Versuchen an einem Staphylococcusstamme erfahren; fünf andere Staphylococcenstämme und alle Colonrassen vermehrten sich aber darin. Dieses ausnahmsweise Verhalten des Plasmas — das übrigens nicht ohne Analogie ist[1]) — kann uns in unsern damals gezogenen Schlussfolgerungen, wonach die Inactivirbarkeit der bactericiden Flüssigkeiten nicht nur von der Labilität der darin wirksamen Substanzen, sondern auch von deren Bindung, von dem Medium, in dem sie sich befinden, abhängt — nicht wesentlich beirren.

Der Unterschied in dieser Beziehung zwischen Plasma und Vollexsudat, namentlich aber zwischen Plasma und den in Kochsalzlösung oder stark verdünntem Exsudat suspendirten Zellen ist stets ein grosser.

Auffallend ist bei Bail in einem Versuche der einschlägigen Reihe[2]), dass isolirte Leukocyten in verdünntem inactiven Exsudate aufgeschwemmt, nach erfolgtem 1stündigen Erwärmen auf 55° die ausgesäten Typhusbacillen abtödteten, während so behandeltes Vollexsudat den gleichen Bacterien gegenüber wirkungslos geworden war. Wie lässt sich da die Ansicht Bail's aufrecht erhalten, dass die hitzebeständigen Stoffe der Leukocyten den Bacterien vom »Typus« des Typhusbacillus oder Choleravibrio gegenüber von vornherein unwirksam sind?!

---

1) So hat Sawtchenko (Ann. de l'inst. Pasteur, 1897, Decemberheft) mitgetheilt, dass das Rattenblutserum vollvirulenten Milzbrandbacillen gegenüber durch einstündiges Erhitzen auf 60° seine Activität nicht vollständig einbüsst.

2) Berl. klin. Wochenschr., 1898. Nr. 22, Tab. V.

Digitized by Google

Wie kann man hiefür überhaupt eine Erklärung geben, wenn man nur die Inactivirungstemperatur als Maassstab für die Labilität der bactericiden Stoffe ansieht und dieselben streng nach den Temperaturgraden, die zur Inactivirung erforderlich sind, einreiht, die so bedeutsamen secundären Verhältnisse, von denen wir schon ausführlich gesprochen haben, aber grundsätzlich vernachlässigt[1]). Oder sollten aus den im verdünnten Exsudat aufgeschwemmten Leukocyten etwa andere bactericide

---

1) Bei dieser Gelegenheit wollen wir noch einmal auf einen Umstand die Aufmerksamkeit lenken, der sicherlich für manche Fälle in der Technik der bactericiden Versuche die Erklärung liefert. Es ist dies die durch verschiedene Ursachen bedingte, wechselnde Maceration der Zellen, wodurch auch ein wechselndes Freiwerden der bactericiden Stoffe zustande kommt. Zusammengeballte Zellen werden sehr schlecht extrahirt. Dies war bei unsern früheren Versuchen unschwer ersichtlich So wirkten die gleichen in physiologischer Kochsalzlösung suspendirten Leukocyten nach wiederholtem Einfrieren — wobei sie sich stark zusammenballen — schwächer bactericid als die in unverändertem Zustande auf 50 bis 60° erwärmten Zellen; ebenso wird der Umstand, dass isolirte, wiederholt eingefrorene Leukocyten nach dem Erwärmen manchmal eine verstärkte bactericide Wirkung zeigen, nur darauf zurückzuführen sein, dass durch das Erwärmen eine bessere Vertheilung der Zellklumpen, eine bessere Maceration derselben erfolgt, welche die zweifellos erfolgte Schädigung der bactericiden Zellstoffe übercompensirt. Ebenso wird die Maceration der Zellen bei sonst gleicher Procedur vom Medium abhängen müssen. So haben wir zeigen können, dass die im Vollexsudate erwärmten Leukocyten, nachträglich isolirt und in Kochsalzlösung aufgeschwemmt, viel schlechter bactericid wirkten als die sonst gleichbehandelten, aber von vornherein in physiologischer Kochsalzlösung erwärmten Zellen.

Ebenso ist es nicht gleichgültig, ob man die Zellen im Vollexsudat (also im activen Plasma) oder ob man sie nach dem Isoliren im inactiven Plasma erwärmt.

Schon durch das Isoliren werden die Zellen für die Extraction viel geeigneter, indem hiebei Fibrinhüllen zerschüttelt, Zellconglomerate fein vertheilt werden; die lästige Gerinnung, die im Vollexsudat regelmässig einsetzt und die Zellen in groben Flocken abscheidet, wird hiedurch vermieden. Dann ist weiter der Vorgang während des Erwärmens in beiden Fällen nicht der gleiche. Erwärmt man Vollexsudat, so tritt bestimmt Gerinnung ein, und die Zellen haften nachträglich dem Boden des Röhrchens fest an, so dass sie sich kaum aufschütteln, geschweige denn fein vertheilen lassen; erhitzt man sie aber nach dem Isoliren in inactivem Plasma, so bleibt selbstverständlich die Gerinnung aus, die Zellen vertheilen sich leicht in der Flüssigkeit und werden infolge der specifischen Wirkung des

Digitized by Google

Stoffe, vielleicht eine dritte Art, extrahirt werden, wie aus den Zellen des Vollexsudats?

Bail hat weiter seine Ansicht dadurch zu stützen versucht, dass er eine Trennung der labilen von den hitzebeständigen Substanzen herbeizuführen trachtete.

Versetzt man Exsudatplasma mit einigen Tropfen verdünnter Essigsäure, so entsteht ein massiger Niederschlag, der sich beim Centrifugiren unschwer absetzt und mit neutraler physiologischer Kochsalzlösung leicht bis auf neutrale Reaction der Waschflüssigkeit ausgewaschen werden kann. Säuert man Blutserum in gleicher Weise an, so tritt höchstens eine wolkige Trübung auf. Dieser Essigsäureniederschlag im Plasma sollte nun den hitzebeständigen bactericiden Stoffen desselben entsprechen, jedenfalls aber nach Bail im Zusammenhange mit der bactericiden Wirksamkeit desselben stehen.

Dies schloss er daraus, dass er im Plattenzählversuche eine deutliche Entwicklungshemmung, ja Abnahme der Keimzahl ausgesäter Staphylococcen in einem an sich günstigen Medium beobachten konnte, sobald er darin den Essigsäureniederschlag aus dem Plasma auflöste. Zur Lösung diente ihm eine Flüssigkeit, die 1 Theil inactiven Serums auf 5 Theile physiologischer Kochsalzlösung mit einem Gehalte von 0,02% NaOH enthielt.

---

inactiven Exsudats auch vortrefflich ausgezogen. So erklärt es sich, warum stets Vollexsudat nach dem Erwärmen auf das bact. coli nicht mehr bacterientödtend einwirkte, während öfters mit inactivem Plasma erwärmte Zellen — besonders wenn man sie vor dem Erwärmen wiederholt eingefroren und aufgethaut hat, was ebenfalls wesentlich zur besseren Extraction beiträgt — noch deutliche, manchmal sehr starke Wirkungen auf dieses Bacterium entfalteten. Auf diese Weise dürfte sich auch der scheinbare Widerspruch in den Bail'schen Versuchen erklären. Bail sagt, dass verdünntes Exsudat sich wie unverdünntes verhielt, demnach nach dem Erwärmen auf 55° für den Typhusbacillus zum Nährboden geworden war; weiter theilt er aber, wie schon erwähnt, mit, dass isolirte Zellen in verdünntem inactiven Serum aufgeschwemmt, nach dem Erwärmen auf 55° noch kräftig auf den gleichen Stamm bactericid wirkten. Abgesehen davon, dass vermuthlich in letzterem Falle mehr Zellen in Wirksamkeit treten konnten (?), dürften vielleicht die eben erläuterten Verhältnisse hiebei eine Rolle spielen.

Digitized by Google

Wir haben für 6 Staphylococcenstämme und 3 Colonstämme diese Versuche nachgeprüft und konnten niemals, wie wir uns durch das Mikroskop überzeugten, eine das Bacterienwachsthum hemmende Wirkung dieses Niederschlags beobachten. Freilich der Plattenzählversuch täuschte bei Aussaat von Staphylococcen stets eine solche vor. Wir haben bereits in unserer ersten Mittheilung darauf aufmerksam gemacht, dass der Staphylococcus öfter ein ausgesprochenes Haufenwachsthum zeigt, so dass es nicht möglich ist, den hiemit angestellten Plattenzählversuch als einwandfrei zu betrachten, indem ja auf den Platten ein Coccenhaufen ebenso wie ein einzelner Keim zu einer Colonie anwächst. Stellt man nun Versuche in der von Bail angegebenen Weise an, so kann man regelmässig in der Niederschlagslösung Haufenwachsthum des Staphylococcus beobachten, das in der Controlflüssigkeit fehlt.

Dieses Haufenwachsthum — wobei Conglomerate von mehreren Hundert Individuen vorkommen — beruht offenbar auf mechanischen Verhältnissen. Bald nämlich nach der Lösung des Niederschlags treten in der Flüssigkeit feine Fällungen auf, die anscheinend gerade um die Staphylococcen sich bilden und diese einhüllen. Die Folge davon ist, dass eine freie Proliferation derselben unmöglich wird, und diese sich wie auf einem festen Nährboden zu kleinen Zooglöen entwickeln müssen. In einigen Fällen war die Ausscheidung des ursprünglich vollkommen klar gelösten Niederschlages so stark, dass sich am Boden des Röhrchens Flocken bildeten, welche bei mikroskopischer Beobachtung sich mit Staphylococcen dicht durchsetzt zeigten, während die Flüssigkeit vollkommen klar blieb. Wir haben in einem dieser Fälle einen Plattenzählversuch ausgeführt, der eine wesentliche Abnahme der Keime hätte vermuthen lassen müssen, wenn wir nicht durch mikroskopische Beobachtung die ungestörte Entwicklung derselben im Niederschlage hätten constatiren können.

Dass das Haufenwachsthum — so wie wir es bei früherer Gelegenheit einmal angenommen haben (ds. Archiv Bd. 31, S. 25) — hier der Ausdruck einer gehemmten Entwicklung, einer schwachen bactericiden Wirkung sei, halten wir für unwahrscheinlich.

Digitized by Google

Hiegegen spricht das mikroskopische Bild, indem man, auch wenn mit blossem Auge nichts wahrzunehmen ist, stets die grösseren Haufen von membranartigen Hüllen umgeben sieht.

Gegen die Bedeutung dieses Niederschlags spricht auch weiters die Ueberlegung, dass man von einer im Plasma in so grosser Menge vorhandenen Substanz viel stärkere Wirkungen erwarten müsste, als sie in einem vom Beginn des Versuches an ungehemmten Haufenwachsthum zu Tage treten können. Wollte man aber daran festhalten, dass das Haufenwachsthum durch chemische Ursachen bedingt sei, wäre man nach unserer Ansicht eher berechtigt, an aus dem Exsudate mitgerissene active Stoffe zu denken, die sich schlecht auswaschen lassen, als an selbstständige bactericide Wirkungen des Niederschlags.

Die Thatsache, dass die scheinbar bactericide Wirkung desselben in den Bail'schen Experimenten nach Erwärmen auf 60° vermindert wurde, nach Erwärmen auf 85° vollständig verschwunden war, spricht nicht gegen unsere Ansicht, sondern erklärt sich dadurch, dass in den erwärmten Proben — offenbar indem hier keine Ausscheidung von gelösten Stoffen erfolgte — kein oder nur ein schwächeres Haufenwachsthum constatirt werden konnte (s. auch w. u.).

Weiter spricht gegen die Bedeutung der Essigsäurefällung das Verhalten sämmtlicher Colonstämme. Alle blieben von Anfang an vollkommen davon unbeeinflusst, ja vermehrten sich sogar manchmal in der Niederschlaglösung rascher als in der Controlflüssigkeit — was übrigens auch einmal bei einem Versuche mit Staphylococcen constatirt werden konnte. Dies kommt daher, dass in einer Flüssigkeit, welche den erwähnten Alkalescenzgrad zeigt, sich öfters schon geringfügige Hemmung infolge des freien Alkalis geltend macht, während die Niederschlaglösung, die infolge der Bindung eines Theiles des freien Alkalis an den Niederschlag stets eine schwächere Alkalescenz zeigen muss, günstigere Wachsthumsbedingungen bietet.

Wir halten demnach den Essigsäureniederschlag aus dem Exsudatplasma nicht für eine bactericide Substanz, sondern für einen Bacteriennährstoff, der aus den Leukocyten bei deren

Digitized by Google

Auflösung in das Plasma gelangt und der — wie auch Bail vermuthet — dem Nucleohiston entsprechen dürfte.[1])

44. Versuch.

5 ccm Exsudatplasma werden mit verdünnter Essigsäure gefällt, der reichliche Niederschlag centrifugirt und bis zum Verschwinden der sauern Reaction des Waschwassers mit neutraler physiol. Kochsalzlösung ausgewaschen. Der Niederschlag wird in 5 ccm einer Flüssigkeit gelöst, die 5 ccm physiol. Kochsalzlösung, 1 ccm inactiven Serums und 0,02% Na OH enthielt. Niederschlaglösung (I), Lösungsflüssigkeit (II). Ausgesät: Staphylococcus.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	9 Std.
Ia	7 420	5 600	1 080
Ib	6 970	4 900	970
IIa	6 830	8 300	sehr viele
IIb	7 500	9 200	sehr viele

In letzterem Versuche war die oben besprochene starke Flockenbildung eingetreten.

45. Versuch.

Gleiche Anordnung wie in Versuch 44. Ausgesät: Bact. coli I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	8 Std.
Ia	3 640	8 700	∞
Ib	3 200	7 900	∞
IIa	3 100	6 200	sehr viele
IIb	3 420	5 200	sehr viele

1) Dass in den mit Bact. coli angestellten Versuchen nicht ebenfalls Abscheidung der Bacterien oder etwa Fadenwachsthum, Zooglöenbildung wie bei Aussaat des Staphylococcus eintrat, dürfte mehrere Ursachen haben. Einmal bietet das kleine Stäbchen des bact. coli den einhüllenden Niederschlägen keine so grosse Oberfläche wie die Häufchen des Staphylococcus, die in geringer Ausbildung (3 bis 10 Individuen) wohl stets beobachtet werden können, weiter ist es beweglich und schliesslich bildet es vielleicht infolge seiner viel grösseren Wachsthumsenergie früher die Enzyme, welche die Ausscheidungen wieder in Lösung bringen (?)

Digitized by Google

46. Versuch.

Gleiche Anordnung wie Versuch 44. Ausgesät: Bact. coli II.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		$3^1/_2$ Std.	7 Std.
Ia	9 500	sehr viele	∞
Ib	10 700	sehr viele	∞
IIa	10 100	sehr viele	∞
IIb	9 800	sehr viele	∞

47. Versuch.

Gleiche Anordnung wie in Versuch 45. Ausgesät: Bact. coli III.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		2 Std.	6 Std.
Ia	4 300	6 500	sehr viele
Ib	4 500	5 900	sehr viele
IIa	3 900	4 870	sehr viele
IIb	4 650	5 300	sehr viele

Bail glaubte, nicht nur aus dem Exsudatplasma, sondern auch aus den Zellextracten die hitzebeständigen Stoffe isoliren zu können. Er zog hauptsächlich Extracte in Betracht, die er durch Erwärmen der isolirten Zellen in alkalischer Kochsalzlösung gewonnen hatte[1]). Aus diesen fällte er wieder mit Essigsäure das nach seiner Meinung wirksame Princip aus. Löste er den Niederschlag in alkalisirtem, inactivirtem verdünnten Blutserum auf, so wirkte in einem Versuche (Tab. VIII) diese Flüssigkeit auf zwei Colonstämme deutlich entwicklungshemmend, nach $^1/_2$ stündigem Erwärmen auf 85° blieb deren Wirksamkeit nur noch für einen der beiden Stämme erhalten, während sie für den andern so gut wie erloschen war. Dabei hatte der Zellextract, aus dem der wirksame Stoff nach Bail ausgefällt

1) Bail gebraucht für diese Extracte den Ausdruck »Extract Schattenfroh.« Dies beruht jedenfalls auf einem Irrthum, indem wir niemals zur Extraction der Zellen freies Alkali in Anwendung zogen.

werden konnte, der in diesem Falle durch Erwärmen der Zellen mit der Lösungsflüssigkeit des Niederschlags (dem verdünnten alkalisirten Serum) bereitet wurde, nur sehr schwach bactericid gewirkt — viel schwächer als die Niederschlaglösung.

Diese Resultate Bail's sind vollkommen richtig, aber von ihm falsch gedeutet worden. Bail hat nämlich unterlassen, die Lösungsflüssigkeit für sich hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber den untersuchten Bacterien zu prüfen; sonst hätte er erfahren, dass auch ohne dass der Extractniederschlag darin aufgelöst wird, die Bacterien in derselben zu Grunde gehen.

Wir haben eine Reihe daraufzielender Versuche mit 4 Colonstämmen angestellt, und hiebei hat sich stets gezeigt, dass eine Flüssigkeit, die 0,05% Na OH, dabei 1 Theil inactiven Serums auf 15 Theile physiologischer Kochsalzlösung enthielt, infolge ihres hohen Alkalescenzgehaltes die ausgesäten Bacterien abtödtete. Wenn man den Essigsäureniederschlag darin auflöste, so wurde diese bactericide Wirkung wesentlich herabgemindert, vollständig fehlte sie in den Extracten — wir erhielten mit den Bail'schen Zahlen genau übereinstimmende Versuchsergebnisse. Dass der Extract gar keine und die Niederschlaglösung eine schwächere Alkaliwirkung entfalteten als die Lösungsflüssigkeit, rührt (s. o.) wieder davon her, dass in ihnen ein Theil des freien Alkalis — im Extract vermuthlich noch mehr als in der Niederschlaglösung infolge seines Eiweissgehalts — an die organischen Substanzen gebunden sein dürfte.[1])

Gerade der Umstand, dass der Extract, der mit der Lösungsflüssigkeit des Niederschlags gewonnen war, nicht bactericid wirkte, — der Controlversuch Bail's — dürfte ihn dazu bestimmt haben, dem Essigsäureniederschlag die besprochene Bedeutung beizulegen.

Wir haben die Versuche, um von allen labilen und halblabilen Stoffen von vornherein absehen zu können, auch mit

---

1) Vielleicht sind auch im Extract die Nährverhältnisse besser, so dass das freie Alkali sich in seiner schädigenden Wirkung nicht geltend machen konnte.

Digitized by Google

Extracten der Kalbsthymusdrüse angestellt, die wir derart bereiteten, dass wir die fein gehackte Thymusdrüse erst in der Reibschale mit physiologischer Kochsalzlösung verrieben, dann in einen Kochkolben einbrachten und mit noch etwas physiologischer Kochsalzlösung im Dampftopf eine Stunde erhitzten.

Die filtrirten, dann fractionirt sterilisirten Flüssigkeiten, vollkommen klar und von gelblicher Farbe, dienten uns zum Versuche. Wir brachten zunächst die Extracte durch Zusatz von Serum und 1 proc. Natronlauge auf die Concentration der Bail'schen Lösungsflüssigkeit, fällten dann aus einer Portion durch Essigsäure das Nucleohiston aus und lösten dasselbe nach dem Waschen in der verwendeten Flüssigkeit.

Wir gelangten hier zu den gleichen Resultaten wie bei den Versuchen mit polynucleären Leukocyten. Im Extract vermehrten sich die ausgesäten Colonbacterien schrankenlos; in der Niederschlaglösung herrschte Entwicklungshemmung, und in der Lösungsflüssigkeit gingen sie zu Grunde.

Bei diesen Versuchen hatten wir eine interessante Beobachtung gemacht, die ebenfalls zur Erklärung der Bail'schen Versuchsergebnisse herangezogen werden muss. Erwärmt man nämlich ein alkalisirtes verdünntes Serum vom Kaninchen oder vom Rinde, das infolge seiner Alkalescenz eine Vermehrung der eingebrachten Bacterien nicht mehr zulässt oder sogar ein Absterben derselben bewirkt, eine halbe Stunde auf 85°, so ist es für einige Bacterien zu einem, mehr oder minder guten — das hängt von der Alkaliconcentration ab — Nährboden geworden. Für andere Bacterien ist der Unterschied vor und nach dem Erwärmen nicht so deutlich ausgesprochen, indem dieselben dann auch noch im erwärmten Serum zu Grunde gehen; diese Differenzen dürften wohl nur durch die verschiedene Empfindlichkeit der einzelnen Arten gegenüber freiem Alkali bedingt werden.

Das Unwirksamwerden des alkalisirten Serums nach dem Erwärmen kann nicht darauf beruhen, dass etwa noch dem Blutserum bactericide Fähigkeiten innewohnten, dass also unvollständig inactivirtes Blutserum verwendet worden wäre, indem wir besonders Werth darauf gelegt haben, das Serum zu diesem Zwecke — durch

stundenlanges Erwärmen auf 60° — ausreichend zu inactiviren. Wir haben uns übrigens durch Controlversuche vor Irrthümern geschützt, indem wir das verwendete Serum in neutraler Lösung mit und ohne Erwärmen prüften; hiebei zeigte sich niemals irgend eine hemmende Wirkung desselben, niemals bot es nach abermaligem Erwärmen den Bacterien günstigere Bedingungen.

Das Unwirksamwerden des alkalisirten Serums wird wohl darauf zurückzuführen sein, dass beim Erwärmen das ganze Bluteiweiss oder vielleicht ein Theil desselben in Alkalialbuminat übergeht, wodurch eine Verminderung der Alkalescenz bedingt werden muss [1]).

Gerade so wie das alkalisirte Blutserum verhielten sich auch die »Niederschlaglösungen«, indem auch sie nach dem Erwärmen eine raschere Vermehrung einzelner Bacterien zuliessen; für andere Bacterien war das Erwärmen wieder irrelevant.

Die scheinbare Inactivirung der Niederschlaglösung ist also nichts anderes als eine Alkalescenzverminderung.

48. Versuch.

Isolirte Leukocyten mit einer Flüssigkeit, die 1 Theil inactiven Serums, 15 Theile physiol. Kochsalzlösung und 0,05% NaOH enthielt, ½ Stunde auf 55° erwärmt. Hiebei quellen die Zellen stark auf und setzen sich nur schwer beim Centrifugiren ab; aus dem Extract (I) wird durch Fällen mit Essigsäure der Nucleohistonniederschlag gefällt, der noch viele geschrumpfte Zellen einschliesst. Derselbe wird nach dem Waschen in der schon beschriebenen Flüssigkeit gelöst (II). Ein Theil der Niederschlaglösung auf 85° ½ Stunde erwärmt (III), Lösungsflüssigkeit (IV) zum Theil ½ Stunde auf 85° erwärmt (V). Ausgesät: Bact. coli I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach 3 Std.	Nach 8 Std.
Ia	5 260	5 100	sehr viele
Ib	4 950	5 600	sehr viele

1) Das Alkali kann also sowohl dadurch gebunden werden, dass es in der Kälte zur Lösung eines Niederschlags verwendet wird, als auch dadurch, dass es beim Erwärmen sich mit dem Eiweiss verbindet — im Grunde genommen ein und dasselbe.

Diese Bindung des freien Alkalis beim Erwärmen kann auch mit die Ursache sein, weshalb die Bail'schen Extracte, die ja durch Erwärmen der Zellen mit alkalisirtem Serum dargestellt wurden, nicht ihrem Alkalescenzgrad entsprechend bactericid wirkten.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	8 Std.
IIa	5 850	2 600	2 970
IIb	5 700	2 930	3 200
IIIa	5 660	9 800	sehr viele
IIIb	5 940	10 300	sehr viele
IVa	5 430	218	15
IVb	5 210	112	80
Va	4 750	3 960	9 600
Vb	4 830	4 750	11 200

49. Versuch.

Gleiche Anordnung wie im vorhergehenden Versuch. Lösungsflüssigkeit 0,04% NaOH enthaltend. Ausgesät: Bact. coli II.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	8 Std.
Ia	4 260	4 400	15 600
Ib	3 920	3 800	14 900
IIa	4 480	1 200	1 860
IIb	4 370	980	1 210
IIIa	4 720	1 630	2 580
IIIb	4 150	1 270	2 740
IVa	4 390	85	75
IVb	4 600	61	83
Va	4 590	120	290
Vb	4 580	143	196

50. Versuch.

Thymusdrüsenextract. Lösungsflüssigkeit des Niederschlags 0,05% NaOH enthaltend. Sonstige Anordnung wie in den vorhergehenden Versuchen. Ausgesät: Staphylococcus I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	8½ Std.
Ia	2 750	4 800	sehr viele
Ib	2 930	5 200	sehr viele
IIa	3 200	3 100	5 300
IIb	3 180	2 730	6 100

Digitized by Google

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	$8^1/_2$ Std.
IIIa	2 810	3 900	sehr viele
IIIb	2 650	4 160	sehr viele
IVa	2 520	810	740
IVb	2 970	760	950
Va	3 300	3 200	8 500
Vb	3 050	2 740	9 080

51. Versuch.

Gleiche Anordnung wie in Versuch 50. Ausgesät: Bact. coli I.

Inhalt der Röhrchen	Anzahl der Colonien auf den Platten:		
	Gleich nach Aussaat	Nach	
		3 Std.	9 Std.
Ia	4 360	sehr viele	∞
Ib	4 100	sehr viele	∞
IIa	4 080	1 830	2 900
IIb	3 720	1 560	2 730
IIIa	3 900	6 500	sehr viele
IIIb	3 840	6 360	sehr viele
IVa	3 790	81	71
IVb	3 800	52	93
Va	4 430	4 590	25 800
Vb	4 200	4 400	31 750

Elf andere Versuche, ganz gleich angestellt, verliefen in durchaus analoger Weise (auch diejenigen, in welchen die Flüssigkeiten eine Alkalescenz von 0,02 bis 0,03% NaOH zeigten, hatten im Princip das gleiche Resultat). Stets wurde einerseits das alkalisirte Serum durch Erwärmen für gewisse Bacterien zu einem Nährboden oder verlor wenigstens seine schädigende Wirkung auf dieselben, und anderseits wurde die Wirkung desselben niemals durch Lösung des Niederschlags erhöht.

Sowohl Bail als Löwit bringen ihre hitzebeständigen bactericiden Stoffe mit Nucléin und Nucléinsäure in Beziehung. Zweifellos ist auch das, was die beiden Autoren für das Wirksame in ihren Versuchen halten, also sowohl die Essigsäurefällung aus den Löwit'schen Zellextracten (freilich ist hier

Digitized by Google

stets auch etwas Glaspulver mit eingeschlossen), als auch die Essigsäurefällung aus dem Exsudatplasma und aus den Bail-schen Extracten — Nucleohiston. Das Verhalten gegen Essigsäure und der Umstand, dass das Blutserum diese Fällung nicht gibt (also keine Globuline!) erlauben wohl einen solchen Schluss.

Nun haben wir schon wiederholt ausgesprochen, dass das Nucleohiston den bactericiden Wirkungen der Leukocyten vollkommen ferne steht. Auch Kossel gibt dies zu.[1])

1) Kossel wendet sich in seiner letzten Abhandlung (Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 27) gegen eine von uns gemachte Bemerkung, womit er bewies, dass er uns vollständig missverstanden hat. Wir haben nicht im Entferntesten daran gedacht, die bactericide Wirkung der Nucleïnsäure in vitro, die er ja bewiesen hat, als Hypothese hinzustellen, sondern wir haben nur unserer Ansicht Ausdruck geben wollen, dass wir nicht glauben, dass dasjenige, was in der Zelle, speciell aber in den Zellextracten wirksam ist, lose gebundene Nucleïnsäure sei. Vielleicht haben wir uns zu wenig deutlich ausgedrückt. In einem aber müssen wir Kossel beipflichten, dass seine Theorie deshalb noch nicht zu Grabe getragen werden muss, weil das Nucleohiston nicht bactericid wirkt; es könnten hier wirklich Verschiedenheiten in der Bindung der Nucleïnsäure vorliegen.

Der Hauptgrund, warum wir nicht an die hypothetische Bedeutung der Nucleïnsäure glauben, ist der, dass wir nicht gerne zweierlei bactericide Stoffe in der Zelle annehmen. Denn das, was wir aus der Zelle extrahiren, sowie das Wirksame im Exsudatplasma und im Blutserum ist sicherlich nicht freigewordene oder freiwerdende Nucleïnsäure. Nach all' unsern Vorstellungen über Bindung von Säuren können wir an derartiges in alkalischen und alkalisirten Flüssigkeiten nicht denken. Dann müsste man ferner gerade den polynucleären Leukocyten solche schwach gebundene Nucleïnsäure zuschreiben, indem bei ganz den gleichen Manipulationen aus Lymphzellen keine bactericiden Extracte gewonnen werden können.

Ferner — und dies erscheint uns als nicht ganz unwesentlich — gehen die aufgenommenen Bacterien nicht im Kern der Leukocyten, sondern in deren Plasma zu Grunde, und es ist die Frage, ob man da eine beständige Abgabe der Nucleïnsäure aus dem Kern an das Plasma annehmen kann. Weiters erscheinen in Exsudaten, die sicher durch von den Zellen abgegebene Stoffe bactericid wirken, die Kerne der meisten Leukocyten gut erhalten, so dass es oft schwer fällt, eine solche z. B. durch Gefrieren getödtete — und bactericid wirkende — Zelle von einer lebenden zu unterscheiden. — — —

Wir wollen ja durchaus nicht behaupten, dass wir die Kossel'sche Hypothese widerlegt hätten; aber wir glauben nicht daran.

Digitized by Google

Dies geht schon einmal daraus hervor, dass verschiedene Zellextracte, so die durch Gefrieren der Zellen in physiologischer Kochsalzlösung, weiter die durch Zerreiben der Zellen in frischem und getrocknetem Zustande gewonnenen, grosse Mengen von Nucleohiston enthalten, ohne aber bactericid zu wirken. Speciell die durch Zerreiben der Zellen gewonnenen Extracte wirken nicht im Geringsten, selbst wenn sie mit Essigsäure eine voluminöse Fällung geben, auf die empfindlichen Staphylococcen ein — und dies nicht einmal in einem so einfachen Medium, wie es die als Suspensionsflüssigkeit verwendete physiologische Kochsalzlösung ist.

Dann spricht auch weiter gegen die Bedeutung des Nucleohistons unsere Mittheilung, dass durch Erwärmen der Zellen bessere Extracte gewonnen werden als bei gewöhnlicher Temperatur; nun ist aber das Nucleohiston leichter bei gewöhnlicher Temperatur löslich, wie man sich unschwer überzeugen kann, wenn man durch Gefrieren gewonnene Zellextracte auf 60° erwärmt; hiebei trübt sich die Flüssigkeit und setzt schliesslich einen Bodensatz ab.

Ganz unvereinbar mit der Annahme, dass das Nucleohiston bactericid wirkt, ist aber dann die Thatsache, dass eine Reihe von Organen und Zellen, welche bei ihrer Extraction grosse Mengen dieser Stoffe in Lösung gehen lassen: die Thymusdrüse, die Halslymphdrüsen des Rindes, die Lymphzellen der Kaninchen, nicht die schwächste bactericide Wirkung entfalten können.

Die Arbeiten und Aufsätze anderer Autoren.

Von den Arbeiten der anderen Autoren (s. Literaturverzeichnis) haben wir an dieser Stelle nur wenig zu besprechen. Die Arbeiten von Jacob haben zu wenig exacte und vor allem zu wenig klare Technik, haben auch keine eindeutigen Resultate ergeben, so dass man aus ihnen nur wenig erfährt.

Auch die Mittheilungen der Amerikaner Stokes und Wegefarth können nur geringes Interesse erregen.

Van de Velde hat Untersuchungen mitgetheilt, welche die unsrigen durchaus bestätigten. Er verwendet zum ersten

Digitized by Google

Male abgetödtete Zellen — während früher die Denys'sche Schule immer nur mit lebenden gearbeitet hatte, was wohl hauptsächlich, soweit sich ihre Untersuchungen auf den Nachweis der bactericiden Stoffe in den Leukocyten erstreckt hatten, die Schuld an den theilweisen Misserfolgen trug. Van de Velde tödtet die Kaninchen-Leukocyten mit destillirtem Wasser (s. o. unsere Unters.) und mit Hundeserum.

Auf den kritischen Theil seiner kleinen Abhandlung gehen wir hier nicht näher ein, so verlockend es auch wäre, die Objectivität desselben näher zu beleuchten; nur eine Bemerkung van de Velde's müssen wir hier entschieden zurückweisen. Er behauptet, die Untersuchungen der Denys'schen Schule hätten schon vor Jahren ergeben, dass die bactericiden Stoffe Secretionsprodukte der Leukocyten sind. Er nimmt dieses Verdienst deshalb in Anspruch, weil von Denys nachgewiesen wurde, dass das Plasma von durch Injection abgetödteter Staphylococcenculturen erzeugten Exsudaten stärker bactericid auf den Staphylococcus wirke als das Blutserum des gleichen Thieres.

Aus einer solchen Beziehung von Plasma und Blutserum Schlüsse wie van de Velde zu ziehen, ist nun ganz unstatthaft.

Einmal wirkt das Exsudatplasma durchaus nicht auf alle Bacterien stärker bactericid als das Blutserum; für manche Arten, wie für den Typhusbacillus und den Choleravibrio ist das Blutserum stets stärker wirksam. Wir haben dies schon im Anhang zu unserer ersten Abhandlung dargethan. Durch den erwähnten Nachweis konnte van de Velde höchstens wahrscheinlich machen, dass die Leukocyten bactericide Stoffe an das Plasma abgeben. Auf welche Weise dies nun erfolge, ob infolge einer Lebensäusserung durch Secretion, oder ob das Freiwerden der bactericiden Stoffe an das Absterben der Zellen gebunden sei, blieb hiedurch völlig unentschieden. Der belgische Forscher hat offenbar nicht bedacht, dass man ein Zugrundegehen der Leukocyten in der Pleurahöhle der Kaninchen keineswegs ausschliessen kann, ja dass ein solches zweifellos erfolgt; Erfahrungen von Hahn (auch vom Verf.) haben ergeben, dass, wenn man länger als 48 Stunden mit der Entnahme des pleuritischen

Digitized by Google

Exsudats wartet, schlechte Resultate mit den Zellen erzielt werden; ähnlich ist es bei subcutaner Injection von Leukocyten anlockenden Mitteln, wobei wegen der langsamer verlaufenden Reaction ebenfalls durchschnittlich minderwerthige Zellen gewonnen werden. Die Leukocyten bleiben eben, wenn sie einmal ausgewandert sind, nicht lange lebensfähig. So wird man auch annehmen können, dass schon während der ersten Stunden nach der Aleuronat- oder Staphylococcen-Injection — wohl auch infolge dieser — ein Theil der angelockten Zellen zu Grunde geht.

Wenn Denys früher die Vermuthung ausgesprochen hat, dass den Leukocyten deshalb ein Antheil an der bactericiden Wirkung des Serums zufallen müsse, weil sie im Blute zu Grunde gehen und sich darin auflösen, warum sollte dies nicht auch in Exsudaten der Fall sein können?

Hiefür spricht entschieden die Beobachtung Bail's, dass sich in Exsudaten regelmässig eine Substanz gelöst findet, die mit grosser Wahrscheinlichkeit dem Nucleohiston entspricht. Dieses wird wohl am ehesten beim Zugrundegehen der Zellen — ähnlich wie in vitro — in die Flüssigkeit übergehen — oder sollte man etwa annehmen, dass auch das Nucleohiston secernirt werde?!

Einer Auffassung Buchner's, die sich in seinem Aufsatz »Zur Phagocytentheorie« findet, möchten wir an dieser Stelle gerne Erwähnung thun. Buchner sagt, dass Metschnikoff seine Ansicht, dass die bactericiden Stoffe der Leukocyten nur beim Zugrundegehen von denselben abgegeben würden, unseren Versuchen und den Versuchen Bail's gegenüber nicht mehr aufrecht erhalten könne.

Was uns betrifft — und die Bail'schen Resultate sind wohl im gleichen Sinne aufzufassen — so können wir einer solchen Deutung unserer Versuche nicht beipflichten, nachdem wir ja im Gegentheile stets betont haben, dass nur die beim Tode der Zelle erfolgende Abgabe der bactericiden Stoffe bewiesen sei — und zwar durch uns; während die Annahme einer

Secretionsthätigkeit der Leukocyten eine durchaus ungenügend gestützte Hypothese sei (Hahn, van de Velde).

Zum Schlusse unserer kritischen Besprechungen wollen wir noch aus einer Arbeit von Trumpp hervorheben, dass dieser Autor gleichfalls mit uns sich nicht in Uebereinstimmung befindet, wenn er behauptet, die Alexine stammten erwiesenermaassen von den Leukocyten ab und neben den Versuchen von Hahn unsere als beweisend hiefür ansieht.

Wir haben wohl oft genug auf Unterschiede zwischen den Alexinen und den bactericiden Leukocytenstoffen aufmerksam gemacht, um jetzt nicht eigens betonen zu müssen, dass wir den Beweis ihrer Identität ebenso wenig erbracht haben wie irgend ein Anderer.

Fassen wir noch einmal unsere Resultate kurz zusammen, so ergeben sich folgende Schlusssätze:

1. Die bactericiden Stoffe der Leukocyten wirken auf rothe Blutkörperchen fremder Thierspecies nicht ein; sie sind deshalb mit den globuliciden Stoffen des Blutserums nicht zu identificiren. Letztere sind vermuthlich überhaupt nicht in den Leukocyten enthalten.
2. Die bactericiden Stoffe der Leukocyten sind in ihrer Wirkung unabhängig vom Salzgehalte ihres Mediums und bleiben auch bei fast völligem Salzmangel der umgebenden Flüssigkeit wirksam.
3. Die bactericiden Wirkungen in den besprochenen Versuchen von Löwit und Bail sind nicht durch aus den Zellen freigewordene Stoffe bedingt, sondern theils freiem Alkali zuzuschreiben, theils auf Beobachtungsfehler zurückzuführen.
4. Das Nucleohiston (im weiteren Sinne die aus den Zellextracten durch Essigsäure fällbaren Stoffe) übt keine bactericiden Wirkungen aus.

Digitized by Google

Weiter möchten wir zusammenfassend noch einmal unserer Ansicht Ausdruck geben, dass man trotz einzelner Unterschiede in ihrer Wirksamkeit, in der Labilität etc. gut thun wird, so lange man keine anderen Zellen kennt, welche bactericide Stoffe liefern, die besser mit den Serumalexinen übereinstimmen, die polynucleären Leukocyten auch als Alexinspender anzusehen. Freilich, bewiesen ist dies ebenso wenig wie die hypothetische Secretionsthätigkeit der Leukocyten.

Nachtrag zur Correctur.

Nachdem die vorliegenden Untersuchungen schon beendet waren, erschienen noch einige in den Gegenstand einschlägige Arbeiten, die in aller Kürze besprochen werden sollen. Zunächst eine solche von Bail: »Schutzstoffe gegen die Staphylococcen-infection«.

Bail nimmt hier den Standpunkt ein, dass den Leukocyten gegenüber dem Staphylococcus Schutzstoffe zukämen, die von den bactericiden Substanzen zu trennen seien, weil sie sich dem destillirten Wasser, dem Leukocidin und dem Erwärmen gegenüber viel weniger widerstandsfähig erwiesen als letztere. Die Resultate sind zweifellos beachtenswerth; der innige Connex zwischen Staphylococcen und polynucleären Leukocyten im Thierversuche fällt jedem auf, der sich hiemit beschäftigt hat.

Wir glauben aber trotzdem — auch abgesehen davon, dass eine unter den Versuchsthieren Bail's wüthende Seuche nach seinem eigenen Ausspruche die klare Beurtheilung der Resultate trübte —, dass die Annahme einer »antitoxischen« Leukocytensubstanz (so fasst Bail die Schutzstoffe auf) noch als Hypothese zu betrachten ist, da Bail Wirkungen der lebenden Zellen hinsichtlich ihrer hypothetischen Secretionsthätigkeit, hinsichtlich der Phagocytose nicht ausschliessen konnte, indem alle Eingriffe (Erhitzen, destillirtes Wasser, Leukocidin) nicht nur die Schutz-

Digitized by Google

wirkung aufhoben, sondern auch die Leukocyten abtödten mussten; weiter sollte, wie wir glauben, berücksichtigt werden, dass alle erwähnten Proceduren gleichzeitig Extractionsmethoden vorstellen, und dass hiedurch gegenüber den unveränderten, nicht ausgelaugten Leukocyten beachtenswerthe Unterschiede sich ergeben, indem letztere ganz allmählich ihre bactericiden Stoffe im Thier abgeben können, während die Extracte rasch resorbirt, und deren bactericide Stoffe somit dem Schauplatze der Infection entführt werden.

Hiemit ist gut vereinbar, dass dem Exsudatplasma nach Bail eine antitoxische Eigenschaft fehlt; und nicht besonders dagegen sprechen die — nicht ganz eindeutigen — Versuche Bail's, wonach auch bei örtlich getrennter Injection der Zellen und Staphylococcen sich zuweilen geringfügige Schutzwirkung ergab, besonders wenn man sich dabei an die von Bail ausdrücklich angeführte Thatsache hält, dass die Kaninchen individuell sehr verschieden empfänglich waren für die Staphylococceninfection, und sich somit die Höhe der einfach resp. fünffach tödtlichen Dosis nicht genau normiren liess.

Eine zweite, vor wenig Tagen publicirte Arbeit von C. Däubler: »Ueber die bactericide Kraft der Leukocytenstoffe verschiedener Thierspecies und ihr Verhältnis zu den bactericiden Stoffen des Blutserums« bringt nichts wesentlich Neues. Unsere, schon vor 2 Jahren erhobenen Befunde (relative Hitzebeständigkeit der Leukocytenstoffe, Vernichtung derselben bei 80°, Abhängigkeit der bactericiden Wirkung von der Temperatur, von der Vertheilung der Zellen, Zugrundegehen der Bacterien in physiologischer Kochsalzlösung etc.) werden sämmtlich bestätigt.

Die eigentliche Aufgabe, die sich Däubler gestellt, die bactericide Leistung der Leukocyten einzelner Thierspecies eingehender als bisher und planmässig unter Berücksichtigung der verschiedenen begünstigenden oder abschwächenden Umstände zu studiren und hiedurch einen Maassstab für die Beurtheilung der Immunität zu liefern, — erscheint uns ihrer Lösung nicht im Geringsten näher gerückt, indem nicht nur die Aenderungen in der Methodik keine Verbesserung bedeuten, sondern auch die

Anschauungen und Kenntnisse des Autors über natürliche und künstliche Immunität durchaus verworrene sind und keineswegs vorurtheilsfreier Beurtheilung der Fachliteratur entspringen.

Wenn Däubler sagt: »R. Pfeifer und Marx fanden bei Immunisirung von Kaninchen mit abgetödteten Choleraculturen keine Erhöhung der bactericiden Kraft von Leukocyten des Blutes und Pleuraexsudaten derselben Thiere, die Ansicht(!) Schattenfroh's, dass diese (!) bactericiden Schutzstoffe sich in den Leukocyten ablagerten, — — — wird dadurch hinfällig«, so ist dies für jeden Eingeweihten deutlich genug und bedarf keines weiteren Commentars.

Däubler hält die bactericiden Stoffe der Leukocyten und diejenigen des Blutserums für nicht identisch. —

Noch ein zusammenfassendes Referat ist zu erwähnen, das aus dem Pasteur'schen Institute stammt: »Du pouvoir bactéricide des leucocytes« von Besredka.

Man erfährt einmal hieraus, dass Metschnikoff nun wieder die »verdauende« Kraft der Leukocyten gegenüber der »bactericiden« in den Vordergrund stellt und letztere höchstens als eine Theilerscheinung ersterer auffassen will. Neuere Erfahrungen über das Verhalten der Leukocyten gegenüber Giften sind hiefür maassgebend. Wir registriren dies einfach, ohne die Frage aufzuwerfen, ob dies für die Immunität einen wesentlichen Unterschied bedeutet.

Ohne des Näheren auf das sehr lesenswerthe Referat einzugehen, heben wir hervor, dass wir uns mit der Auffassung Besredka's, die er darin zum Ausdrucke bringt, nicht durchaus einverstanden erklären können. So erwähnt er zum Schlusse, dass bereits viererlei bactericide Stoffe — entsprechend der Anzahl der Autoren — aus den Leukocyten extrahirt seien, und gibt der Befürchtung Ausdruck, dass bei jedem neuen ähnlichen Versuche eine weitere Vermehrung derselben zu gewärtigen sei. Abgesehen davon, dass diese Zahl um zwei zu hoch gegriffen ist (die Alexine resp. das Vermögen des Vollexsudats, bei 55° inactivirt zu werden, sowie die Löwit'schen Extracte gehören nicht hieher), ergibt sich für uns weiter die Nothwendigkeit zu

Digitized by Google

constatiren, dass laut unseren in dieser Arbeit niedergelegten Untersuchungen gegenwärtig kein Grund vorliegt, die wirksamen Stoffe der einzelnen Extracte für verschieden zu halten.

Wir können Besredka auch nicht zustimmen, wenn er die Extractionsmethoden, wie sie üblich sind, für nicht geeignet zum Studium der bactericiden Stoffe hält, weil sie der empfindlichen Organisation der Leukocyten zu wenig Rechnung trügen. Für uns liegt kein Grund vor, bei der Gewinnung der bactericiden Substanzen anders vorzugehen als etwa bei der Gewinnung des Trypsins oder der »Zymase« verfahren wird, wobei noch viel eingreifendere Manipulationen zur Anwendung kommen.

Auch die Kritik Besredka's über unser Isolirverfahren halten wir nicht für stichhaltig.

In Bezug auf die Einzelheiten muss auf die Originalien verwiesen werden.

Literaturverzeichnis.

Buchner, Ueber die Phagocythentheorie. Münchner med. Wochenschrift, 1897.

Trumpp, Das Phänomen der Agglutination und seine Beziehungen zur Immunität. Arch. f. Hygiene, Bd. 33

Van de Velde, Ueber den gegenwärtigen Stand der Frage nach den Beziehungen zwischen den bactericiden Eigenschaften des Serums und der Leukocyten. Centralbl. f. Bacteriol., I., Bd 23.

Jacob, Schutzkraft der Leukocyten. Zeitschr. f. klin. Medicin, Bd. 32.

E. Stokes and A Wegefarth. The presence in the blood u. s. w., from The J. Hopkins Hospital Bulletin Nr. 81, December 1897.

Löwit, Ueber bactericide Leukocytenstoffe. Centralblatt f. Bacteriologie, I. — Ueber die Beziehung der Leukocyten zur bact. Wirkung etc. — Zieglers Beiträge, 22. Bd.

Bail, Ueber leukocide Substanzen in den Stoffwechselproducten des Staphylococcus pyogenes aureus. I. und II., Arch. f. Hygiene, Bd. 30 und 32.

Schattenfroh, Ueber die bacterienfeindlichen Eigenschaften der Leukocyten. Arch. f. Hygiene, Bd. 31.

Bail, Ueber die Inactivirbarkeit leukocytenreicher Exsudate. Berliner klin. Wochenschr., 1898, 22.

Schattenfroh, Neuere Erfahrungen über die bacterienfeindlichen Stoffe der Leukocyten. Münchner med. Wochenschr. 1898, 12. — Ueber hitzebeständige bactericide Leukocytenstoffe. Münchner med. Wochenschr. 1898, 30.

Bail, Berliner klin. Wochenschrift, 1898, 42.

Besredka, Annal. de l'Inst. Pasteur, 1898, Septemberheft.

C. Däubler, Centralblatt für Bacteriologie, 1899, Februar.

Digitized by Google

Ueber die Ausscheidung von Mikroorganismen durch die thätige Milchdrüse.

Von

Dr. **K. Basch** und Dr. **F. Weleminsky**[1]).

(Aus Prof. Hueppe's hygienischem Institut an der deutschen Universität in Prag.)

Ueber die Frage, ob Infectionserreger durch die lebende und thätige Drüse mit der Milch ausgeschieden werden, waren die Anschauungen bis zum Erscheinen der Arbeit von Fritz Basenau[2]) sehr getheilt, ja man kann sagen, dass verlässliche und an Zahl genügende experimentelle Grundlagen zur Beurtheilung überhaupt fehlten. In bejahendem Sinne (für den Uebergang aus dem Blut in die Milch) hatten die Fragen beantwortet[3]):

Für den Staphylococcus pyogenes:

1. Escherich bei Sepsis puerperalis hominis und ferner Rhagaden der Brustwarze.
2. Longard bei Sepsis puerperalis hominis.
3. Karlinski bei Sepsis puerperalis hominis.
4. v. Eiselsberg bei Panaritium hominis.

---

1) Siehe die vorläufige Mittheilung der Berliner klinischen Wochenschr., 1897, Nr. 45.

2) Fritz Basenau, Ueber die Ausscheidung von Bacterien durch die thätige Milchdrüse und über die sog. bactericiden Eigenschaften der Milch. Archiv für Hygiene, 1895, Bd. XXIII, S. 44.

3) Escherich, Longard, Karlinski, v. Eiselsberg, Foà und Bordone-Uffreduzzi, Bozzolo, Gaffky und Pak, Konbassoff, Abbot, Klein cit. bei Basenau, Arch. f. Hyg., 1895, Bd. XXIII, S. 44

Digitized by Google

Für Diplococcus Fränkel-Weichselbaum:

5. Foà und Bordone-Uffreduzzi bei Kaninchen.
6. Bozzolo bei Pneumonia hominis.
7. Aymard[1]) bei Kaninchen.

Für andere Mikroorganismen:

8. Chambrelent[2]) für den Bac. der Hühnercholera bei Kaninchen.
9. Gaffky und Paak für die Bacillen der Fleischvergiftung beim Meerschweinchen (allerdings post mortem).
10. Chambrelent und Moussons[3]) für Milzbrandbacillen bei Meerschweinchen (?).
11. Konbassoff für Milzbrandbacillen, Streptococcen und Tuberkelbacillen bei Meerschweinchen (?).
12. Bollinger und seine Schüler, ferner Baumgarten, Bang etc. für den Tuberkelbacillus bei Kühen.

Dazu kommt noch wahrscheinlich die Malaria[4]), und die sicher durch die Milch übertragbare Maul- und Klauenseuche. Zu dieser bemerkt Basenau, wie uns scheint mit vollem Recht, dass bei der enormen Absonderung von Geifer und bei der Häufigkeit von Blasen am Euter selbst die Milch nur zu leicht von aussen inficirt werden könne; man brauche daher nicht zu folgern, dass die von Schottelius und Behla beschriebenen und als Krankheits-Erreger aufgefassten Kleinlebewesen erst vom Blute her die Drüse passiren. Dass diese Mikroorganismen heute nicht mehr als die Erreger der Maul- und Klauenseuche betrachtet werden können, ändert nach unserm Dafürhalten nichts an der Richtigkeit dieser Schlussfolgerung.

Bezüglich der Rindertuberkulose meint Basenau, dass in den wenigen Fällen, in denen bei nicht afficirtem Euter Tuberkelbacillen in der Milch nachgewiesen wurden, mehr oder minder

1) Aymard P., Recherches sur le passage des micro organismes (et en particulier du pneumocoque) de la mère à l'enfant par le lait. Dissert., Paris 1891, H. Jouve.

2) Chambrelent, cit. nach Aymard, S. 14.

3) Chambrelent und Moussons, cit. nach Aymard, S. 12.

4) Bondin, Luc, Ebrard, Leroux, Franck, cit. nach Aymard, S. 17.

Digitized by Google

starke Alterationen der Gefässwände infolge von Ernährungsstörungen stattgefunden haben. Dem gegenüber möchten wir darauf hinweisen, wie leicht bei einem so grossen Organ, wie es das Euter einer Kuh ist, ein oder der andere kleine Herd der allein gebräuchlichen und durchführbaren makroskopischen Untersuchung entgehen kann. So spricht sich auch Fiorentini[1]) in einer neueren Arbeit dahin aus, dass der Uebergang von Tuberkelbacillen in die Milch erst dann stattfindet, wenn im Euter selbst der tuberculöse Process begonnen hat.

Wenn wir also auch von der Maul- und Klauenseuche und der Tuberculose absehen, so verbleiben doch noch eine stattliche Reihe von positiven Befunden. Diesen gegenüber stehen einige unbestimmte: Klein[2]) fand einmal Bacillen in der Milch einer mit Diphtherie inficirten Kuh, in einem zweiten Falle dagegen nicht. Ob das Wuthgift in die Milch übergeht, ist nach Stühlen[3]) noch zweifelhaft.

Von negativen Befunden fand Basenau eigentlich nur einen in der Literatur verzeichnet: den von Abbott[4]), der ebenfalls Diphtheriebacillen in der Milch von inficirten Kühen nicht nachweisen konnte. Wir können noch zwei Fälle von Wyssokowitsch[5]) hinzufügen, der Mikrococcus Tetragenus und Bac. cuniculicida, trotzdem sie reichlich im Blute der inficirten Meerschweinchen sich befanden, in der Milch der Thiere vermisste

Endlich konnte Malvoz[6]), als er die Durchgängigkeit der Placenta für Mikroorganismen unter Leitung von Herrn Professor

---

1) Fiorentini, Ueber Eutertuberculose und Infection der Milch. La sperimentale, 1895, Th. 8. Cit. nach Hyg. Rundschau, Bd. VI, 1896, S. 125.

2) Siehe Anmerkung 3 auf S. 205.

3) Stühlen, Ueber die Verbreitung von Krankheiten durch Milch und und deren Producte, sowie über die Maassregeln gegen die Verbreitung vom sanitätspolizeilichen Standpunkt. Thiermedicinische Vorträge, Bd. III, Heft 7. Cit. nach Hyg. Rundschau, Bd. VI, 1896, S. 73.

4) Siehe Anmerkung 3 auf S. 205.

5) Wyssokowitsch, Ueber die Schicksale der ins Blut injicirten Mikroorganismen im Körper der Warmblüter. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. I, 1886, S. 3.

6) E. Malvoz, Sur la Transmission intraplacentaire des microorganismes. Annales de l'institut Pasteur, Bd. II, 1888, S. 121.

Digitized by Google

Hueppe prüfte, wie uns von demselben privatim mitgetheilt wurde, den im Blute von Kaninchen kreisenden Bac. murisepticus in der Milch, die er gelegentlich ebenfalls untersuchte, nicht wieder auffinden.

In systematischer Weise hat, wie bereits oben erwähnt, vor allem Basenau[1]) das Verhalten der Milchdrüse, allerdings nur gegenüber einem Bacillus, dem Bac. bovis morbificans studirt.

Er hatte diesen aus dem Fleische einer an Sepsis puerperalis erkrankten Kuh gezüchtet. Als Versuchsmaterial dienten ihm 6 Meerschweinchen, eine Ziege und eine Kuh; von diesen Versuchsthieren erkrankte die Ziege nur ganz leicht, ein Meerschweinchen überhaupt nicht, und die Milch blieb bei beiden keimfrei. Die übrigen 5 Meerschweinchen dagegen, sowie die Kuh, gingen nach 13 Stunden bis 2 Tagen zu Grunde; in der Milch war der Bac. bovis morbificans regelmässig in grossen Mengen zu finden. Daraus zog Basenau den Schluss, dass »die Milchdrüse zwar kein Organ sei, dessen sich der Körper bediene, um im Blute kreisende Keime zu eliminiren, dass jedoch bei schwerer oder lange dauernder Erkrankung, wahrscheinlich infolge von Degeneration der Gefässwände, die Mikroorganismen in die Milch übergehen können.« Es wurde leider das Blut in in vivo nicht untersucht, so dass es unbestimmt bleibt, ob und wie lange in den zwei negativen Fällen die Keime im Blute kreisten.

Unsere Versuche erstrecken sich, abgesehen von den Controlthieren, auf 36 säugende Thiere; wir verwendeten Meerschweinchen, weil von dieser Thiergattung noch am leichtesten säugende Exemplare zu erhalten sind. Ferner haben sie, im Gegensatz zu Hündinnen und Kaninchen, nur 2 Milchdrüsen, deren Zitzen lang und schmal nach unten gerichtet sind, so dass von aussen Mikroorganismen nur schwer in die Ausführungsgänge einwandern können. Thatsächlich war die Milch, die wir vor den Versuchen probeweise entnahmen, stets steril. Die Umgebung der Brustwarzen wurde in weitem Umfange rasiert, dann mit

1) Siehe Anmerkung 2 auf S. 205.

Digitized by Google

Seife, Wasser, Sublimat (1‰), Alkohol und Aether desinficirt. Genau so wurden die Ohrläppchen behandelt, denen wir durch Einschnitte mit geglühten Scheeren Blut entnahmen.

Wir arbeiteten zuerst mit nichtpathogenen Keimen, und zwar dem Bacillus cyanogenes lactis und dem Bac. prodigiosus. Wir wählten diese beiden, da sie bei Körpertemperatur gut fortkommen, ferner — schon infolge der Farbe ihrer Colonien — sehr leicht und mit Sicherheit nachzuweisen, endlich auch als Verunreinigungen nicht wie z. B. der Heubacillus zu fürchten sind. —

Da sie — sowohl subcutan als auch intraperitoneal beigebracht — nicht ins Blut übergehen, so injicirten wir eine Aufschwemmung von einer Oese einen Tag alter Agarcultur in 1 ccm 0,6 proc. steriler Kochsalzlösung in die Vena jugularis je eines säugenden Meerschweinchens. Sowohl der Bac. prodigiosus wie der Bac. cyanogenes lactis verschwanden aber, wie zu erwarten war, sehr schnell (nach 1—2 Stunden) wieder aus dem Blutkreislauf. Die Milch war bei beiden Thieren steril geblieben. Ebenso ging es mit der Injection grösserer Mengen (zwei Oesen einer Agarcultur). —

Wir gingen nun zu den pathogenen Mikroorganismen über, und wählten vor allem den Bac. anthracis, der mannigfache Vortheile bietet:

Er ist äusserst verlässlich in seiner Virulenz, lässt sich auf unseren künstlichen Nährböden, auf denen er ja üppig gedeiht, sehr leicht erkennen, und auch seine Vertheilung im Gewebe lässt sich bei seiner Grösse und Färbbarkeit nach Gram gut studieren.

Er erzeugt ferner keine Zellnekrosen mit nachfolgender Eiterung, und — was sich nachher als äusserst wichtig erwies — keine Hämorrhagien — wenigstens nicht in der Milchdrüse und beim Meerschweinchen; in dieser Beziehung kann er geradezu als das Muster eines reinen Septikämieerregers bezeichnet werden.

Wir haben zusammen sechs säugende Meerschweinchen mit Anthrax geimpft; da das Resultat ebenso wie die Versuchs-

anordnung sich immer gleich blieb, wollen wir blos ein Versuchsprotokoll wiedergeben:

Thier Nr. VII.

Meerschweinchen mittlerer Grösse, 530 g schwer, hat am 20. XI. geworfen, Milchsecretion reichlich.

3. XII. Milch und Blut auf Agar geimpft; beides steril.

5. XII. 5h Nachm. Es erhält eine Platinöse 1 Tag alter Agarcultur von Anthrax subcutan unter die Rückenhaut.

8h Abends. Blut und Milch steril.

6. XII. 9h Vorm. Blut und Milch steril.

12h Vorm. Blut und Milch steril.

6h Abends. Blut gibt einige Anthraxcolonien, Milch steril.

7. XII. 9h Vorm. Blut gibt massenhafte Anthraxcolonien, Milch steril. Das Thier ist schwer krank.

12h Vorm. Im Blut massenhaft Anthrax, Milch steril.

3h Nachm. stirbt das Thier.

Unmittelbar post mortem wird aus beiden Drüsen Milch entnommen, und auf Agar verimpft; der Agar bleibt steril.

Die Section zeigt das typische Anthraxödem; die Milz hyperämisch, stark vergrössert, Nebennieren ebenfalls hyperämisch, Milchdrüse blass.

Aus Herzblut, Leber, Milz und Niere gehen zahllose Anthraxcolonien auf.

Wir haben Anthrax stets subcutan beigebracht, weil uns dies der natürlichen Injection näher zu kommen schien, als eine Injection in die Vene oder den Peritonealraum, und er auf diesem Wege ebenso sicher in den Blutkreislauf geräth.

Vom Rücken wählten wir den oberen Theil, um möglichst entfernt von den Milchdrüsen selbst zu sein.

Bei einem Thier mit besonders reichlicher Milchsecretion wurde zwei Stunden ante mortem — der wahrscheinliche Zeitpunkt des Todes wurde durch ein ungefähr gleich schweres Controlthier, welches einige Stunden vor dem säugenden mit derselben Cultur geimpft worden war, festgestellt — über $^1/_2$ ccm Milch abgespritzt, nachdem bereits 20 Stunden lang die Milzbrandbacillen im Blute gekreist hatten. Die Milch wurde einem jungen Thiere subcutan injicirt; das Thier blieb gesund, was uns als Beweis dafür erscheint, dass im Gegensatz zur Ansicht von Basenau und den Angaben von Chambrelent und Moussons, sowie Konbassoff auch bei schwerer, tödtlicher Erkrankung die Infectionserreger nicht aus dem Blut in die Milch überzugehen brauchen.

Digitized by Google

Mit Ausnahme eines Thieres, das sich wahrscheinlich an der blutenden Ohrwunde des Mutterthieres inficirte, blieben die säugenden Jungen stets gesund. Wenn wir daraus allein folgern würden, dass kein Anthrax in der Milch war, so könnte dem entgegengehalten werden, dass Anthraxinfection bei Meerschweinchen durch Fütterung nicht immer erzielt wird oder dass das schwererkrankte Mutterthier nicht mehr die Jungen saugen lässt (siehe Versuchsthier Nr. XXXV). Dagegen lässt sich dieser Einwand gegen die Ueberimpfung der Milch auf die Nährböden oder gegen die subcutane Injection derselben nicht erheben.

Das mikroskopische Bild der Milchdrüse — in Celloidinschnitten nach Gram gefärbt, mit Cochenille-Alaun vorgefärbt, — war folgendes: in den Randtheilen der Drüse und im perimammären Gewebe fanden wir ganze Strassen von Bacillen dicht aufgestaut; in den centralen Theilen konnten wir aber nur bei genauerem Zusehen innerhalb der Capillaren spärliche Bacillen entdecken, so dass förmlich der Eindruck entstand, als ob die Drüse wie ein Filter wirken würde, das die Bacterien in ihren äusseren Theilen zurückhält und ihnen den Einlass in die centralen Theile versperrt.

Wir haben nun nachgesehen, ob auch andere Drüsen von ähnlicher histologischer Beschaffenheit diese Erscheinung gegenüber den Bacillen darbieten, und wir untersuchten nach dieser Richtung die Glandula submaxillaris und die Glandula sublingualis. Auch diese Drüsen waren nur spärlich von Stäbchen durchsetzt. Wenn wir hingegen die regionären Lymphdrüsen am Halse untersuchten, fanden wir daselbst die Bacillen viel zahlreicher, und das Bild von der Vertheilung der Bacillen war mit einem Schlage ein ganz anderes, wenn wir die grossen drüsigen Organe des Unterleibs betrachteten: Die Leber und die Niere. Dort fanden sich die Capillaren in typischer Weise mit Anthraxbacillen erfüllt, die Bacillen gleichmässig über das ganze Organ verbreitet. Der Unterschied war besonders auffallend, wenn wir die aus der Milchdrüse gewonnenen Schnitte mit den Schnitten aus Leber und Niere verglichen.

Digitized by Google

Wir vermögen nicht zu entscheiden, ob diese ungleichmässige Vertheilung der Bacillen mehr mit der Art der Blutvertheilung oder mit der besonderen histologischen Beschaffenheit der Drüsen zusammenhängt; möglicher Weise wirken beide Factoren mit.

So haben auch Biedl und Kraus[1]) gefunden, dass Bac. prodigiosus, Bac. pyocyaneus und Staphylococcus pyog. aur. wohl durch Leber und Niere, nicht aber durch Pankreas und Mundspeicheldrüsen »physiologischer Weise« ausgeschieden werden. Maassgebend sind dabei nach ihrer Anschauung der anatomische Bau (niedriges Plattenepithel bei Leber und Niere, hohes Cylinderepithel bei den Speicheldrüsen), sowie Secretionsverhältnisse (constante Blutfülle und Secretion bei Leber und Niere, temporäre bei den Speicheldrüsen). In alledem schliesst sich die Milchdrüse den Speicheldrüsen an. Möglicher Weise könnte aber auch die chemische Beschaffenheit von Einfluss sein, und wäre in dieser Beziehung an den hohen Nukleïnsäuregehalt der Milchdrüsenepithelien zu denken, dem ja eine starke bactericide Kraft zukommt.[2]) Doch wollen wir bereits jetzt darauf hinweisen, dass nach unseren Versuchen die Mikroorganismen je nach den verschiedenen Wirkungen, die sie hervorbringen, sich der Drüse gegenüber verschieden verhalten. Wir werden dies sofort aus der zweiten Versuchsreihe, die wir mit dem Bac. pyocyaneus anstellten, erkennen.

Der Pyocyaneus ist in seiner Wirkung durchaus vom Anthrax verschieden bei ihm ist es neben der rein bacteriellen hauptsächlich die Giftwirkung, die in den Vordergrund tritt, wie es u. A. Wassermann[3]) ausführlich beschrieben hat, Für uns war vor allem der Umstand wichtig, dass er regelmässig bald

1) Biedl und Kraus, Weitere Beiträge über die Ausscheidung von Mikroorganismen durch drüsige Organe. Centralblatt für innere Medicin, 1896, Nr. 29, S. 738.

2) K. Basch, Entstehung des Caseïns in der Milchdrüse. Jahrbuch für Kinderheilkunde, 1898, S. 90.

3) Wassermann, Experiment. Beiträge zur Serumtherapie. Deutsche medic. Wochenschrift, 1897, S. 262.

Digitized by Google

geringere, bald stärkere Hämorrhagien, besonders in der Milchdrüse hervorrief. Unser Pyocyaneusstamm erwies sich bei subcutaner und intraperitonealer Injection in gewissem Sinne nicht ganz verlässlich: Die betreffenden Controlthiere, an denen wir ihn erprobten, gingen nämlich oft ein, ohne dass wir — worauf es uns ja ankam — im Blute Bacillen hätten finden können.

Wir wählten daher intravenöse Injectionen, und zwar an der Vena jugularis, resp. subclavia, die einerseits stets ein hinreichendes Kaliber bietet und andererseits weit genug von den Milchdrüsen entfernt ist, dass man eine per continuitatem erfolgende Infection des perimammären Zellgewebes, wie sie bei der Cruralvene zum Beispiel leicht passiren könnte, nicht zu fürchten braucht.

Zusammen waren es sieben säugende Thiere, an denen wir unsere Versuche mit Pyocyaneus anstellten; da auch hier Anordnung wie Resultat ungefähr gleich blieben, wollen wir nur eins von den Versuchsprotokollen anführen:

Thier Nr. XII.

Meerschweinchen von 640 g, hat am 8. VII. geworfen, Milchsecretion sehr reichlich.

12. VII. 11^{h} Vorm. erhält es 1 $^{1}/_{2}$ ccm einer 1 Tag alten Bouilloncultur von Pyocyaneus in die rechte Vena subclavia. Um Embolien zu vermeiden, wird die Cultur vorher durch (steriles) Filtrirpapier filtrirt.

12 ^{h}. Aus Blut zahlreiche Colonien von Pyocyaneus, die auffallend wenig Farbstoff zeigen. Milch aus beiden Drüsen steril.

4 ^{h}. Aus Blut sehr reichliche Colonien von Pyocyaneus, gleichfalls nur schwach grünlich. Aus der Milch der rechten Seite (2 Platinösen) entwickeln sich 3 Colonien von Pyocyaneus mit mässig viel Pigment, aus der der linken (gleichfalls 2 Oesen) 2 Colonien von gleichem Pigment.

8 ^{h}. Aus Blut sehr zahlreiche Colonien von Pyocyaneus, die fast gar kein Pigment zeigen. Aus der Milch der rechten Seite massenhaft Colonien mit intensivem Farbstoff, ebenso linkerseits.

13. VII. 8^{h} Früh stirbt das Thier.

Die post mortal entnommene Milch zeigt rechter- wie linkerseits zahllose tiefgrüne Colonien.

Das perimammäre Gewebe dunkelroth, in den Milchdrüsen zahlreiche Hämorrhagien; im Peritonealraum seröses Exsudat, Hämorrhagien in den Nebennieren, Hyperämie des Peritoneums und der Pleura. Die Milz etwas vergrössert.

Digitized by Google

Aus Exsudat, Leber, Milz, Niere und Herzblut entwickeln sich zahllose Colonien von ziemlich starker Pigmententwickelung.

Interessant war bei allen Fällen die Abnahme der Pigmentbildungsfähigkeit, die der Pyocyaneus beim Kreisen im Blute erlitt, ebenso wie die sofortige Wiedergewinnung, ja Erhöhung dieser Fähigkeit, sowie er in die Milch gelangte. Dabei konnten wir beobachten, wie die Milchsecretion abnahm, die Milch oft dicker, fadenziehend wurde, und einen gelblichen Farbenton annahm. Lebten die Thiere etwas länger (das Minimum war 10, das Maximum 48 Stunden), so wurde die Secretion oft so spärlich, dass wir mit Mühe einen Tropfen Milch herauspressen konnten. Sonst wurden stets je 2 bis 3 Platinösen auf Agar und in Bouillon überimpft. Wir wollen an dieser Stelle noch erwähnen, dass die Milchentnahme resp. die damit verbundenen Manipulationen keine ganz indifferenten Maassnahmen bei unseren schwer erkrankten Thieren zu sein schienen. Nicht selten geschah es, insbesondere gegen das Ende der Krankheit zu, dass uns die Thiere unter den Händen starben, obgleich sie vorsichtshalber nicht gefesselt waren, sondern nur vom Assistenten gehalten wurden. Um die Toxinwirkung möglichst zu vermeiden, nahmen wir stets nur 1 Tag alte Culturen; statt Bouilloncultureu wurden auch einigemal Aufschwemmungen von $^1/_2$ bis 2 Oesen einer 1 Tag alten Agarcultur in 0,6proc. steriler Kochsalzlösung verwendet. Das Resultat in Bezug auf Krankheitsdauer, Blut-, Milch- und Sectionsbefund war bei intravenöser Application immer ungefähr das gleiche: stets konnten wir den Pyocyaneus 5 bis 8 Stunden nach der Injection in der Milch nachweisen, und bei der Section deutliche Hämorrhagien in der Milchdrüse sehen. Nur in zwei Fällen war das Bild ein anderes: in dem einen wurde 1 ccm einer 4 Wochen alten Pyocyaneusbouillon intravenös injicirt; es traten sofort Intoxicationserscheinungen auf und nach 4 Stunden ging das Thier zu Grunde. Im Blut waren (in vivo) natürlich sehr zahlreiche, in der Milch dagegen keine Bacillen; bei der Section zeigte die Milchdrüse keine Hämorrhagien. Ein anderes Thier erhielt eine Agarcultur des Pyocyaneus subcutan: nach 4 Wochen ging es unter Erscheinungen

Digitized by Google

eines fortschreitenden Marasmus ein. Weder im Blut noch in der Milch waren Bacillen zu finden; die Milchdrüse zeigte keine Hämorrhagien.

Auf die Hämorrhagien nun möchten wir besonderes Gewicht legen; wir haben sie immer gefunden, — wenn auch manchmal in geringer Ausdehnung — wenn Bacterien in der Milch auftraten, und wir glauben, dass sie sich auch in den Fällen von Aymard[1]) bei mikroskopischer Untersuchung hätten finden lassen. In den anderen Fällen haben wir sie vermisst, auch wenn die Keime noch so massenhaft im Blute kreisten Wir haben uns demnach die Anschauung gebildet, dass die Hämorrhagien das Wichtigste und Ausschlaggebende bei der Frage der Durchgängigkeit der Milchdrüse sind: durch sie werden nicht nur die Keime aus den Gefässen in die Gewebe verschleppt, sondern es wird auch die schützende Decke der Epithelien zerstört.

Wir würden demnach zu erwarten haben, dass solche pathogene Keime, die keine Hämorrhagien verursachen, bezw. nicht gerade im Gewebe der Milchdrüse Zellnekrosen und Eiterungsherde hervorrufen, auch nicht in der Milch erscheinen. Um dies zu erweisen, haben wir noch weitere vier Mikroorganismen geprüft, darunter den Bac. bovis morbificans, von dem schon nach den Sectionsprotokollen bei Basenau vorauszusetzen war, dass er Hämorrhagien setzt; wir erhielten ihn durch die Freundlichkeit von Herrn Professor Forster in Strassburg. Weiter prüften wir die Bacillen der Diphtherie, der Cholera und des Typhus, von denen sich zeigte, dass sie in den Milchdrüsen der Meerschweinchen keine Hämorrhagien hervorrufen.

Endlich musste es, wenn unsere Anschauung richtig war, gelingen, falls durch Mischinfection mit einem Hämorrhagien erregenden Pilz Blutungen in der Milchdrüse erzeugt waren, andere Bacterien, beispielsweise den Anthrax, aus der Blutbahn in die Milch gelangen zu sehen.

Wir geben zunächst die Versuchsprotokolle über Typhus, Diphtherie, Cholera, Bovis morbificans.

---

1) Aymard P. siehe S. 206, Anmerkung 1.

Typhus.

Thier Nr. XVI.

Meerschweinchen von 570 g, hat am 18. VII. geworfen; Milchsecretion spärlich.

23. VII. 12 h. 1 1/2 ccm einer 1 Tag alten Bouilloncultur von Typhus werden in die Vena jugularis injicirt.
12h 10'. Aus dem Blut gehen Colonien von Typhus auf, Milch steril.
4 h. Aus Blut Colonien von Typhus, Milch steril.
7 h. Desgleichen.

24. VII. 8h Früh. Desgleichen.
12 h. Desgleichen.
7 h. Desgleichen.

25. VII. 8 h. Desgleichen.
12 h. Desgleichen.
7 h. Desgleichen.

26. VII. Blut steril, Milch steril.

27. VII. Desgleichen.

28. VII. Desgleichen.

Blut und Milch bleiben bis zum 10. VIII. steril; da die Milchsecretion aufhört und das Thier keinerlei Krankheitssymptome zeigt, so wird es getödtet. Die Milz ist vergrössert, sonst nichts Abnormes zu bemerken; aus Milz, Leber, Niere, Herzblut gehen spärliche Typhuscolonien auf. Das Junge bleibt gesund.

Die angestellten Thierversuche unterscheiden sich insofern vom gewöhnlichen Bilde der Typhusinfection beim Menschen, als es hier nur selten[1]) zu einer septikämischen Erkrankung kommt. Aber auch in diesem Falle würden die Typhusbacillen nicht in die Milch übergehen, sofern keine Hämorrhagien in die Drüse gesetzt werden.

Eine dem menschlichen Typhus analoge Infection durch Verfütterung von Typhusbacillen lässt sich bei ganz jungen Thieren erzielen. Es sprach also auch das Gesundbleiben des jungen Thieres für die Sterilität der Milch.

---

1) Chiari H., Ueber das Vorkommen von Typhusbacillen in der Gallenblase bei Typhus abdominalis. Zeitschr. f. Heilkunde, Bd. XV, 2 u. 3, 1894, S. 199. — R. Stern, Klinisch-bacteriologische Beiträge für Pathologie und Therapie des Abdominaltyphus. Sammlung klinischer Vorträge, N. F., S. 138. — W. Kühnau, Ueber die Resultate und die Leistungsfähigkeit der bacteriologischen Blutuntersuchung im Dienste der klinischen Diagnostik. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. XXV, 1897, S. 502.

Diphtherie.

Thier Nr. XVIII.

Meerschweinchen von 610 g, hat am 25. VII. geworfen, mässig reichliche Milchsecretion.

3. VIII. 1 h. Eine Aufschwemmung von Diphtheriebacillen (1 Oese einer 1 Tag alten, auf Löffler'schem Serum gezüchteten, aus Höchst a. M. stammenden Cultur) in steriler 0,6 proc. Kochsalzlösung wird in die Vena jugularis communis injicirt.
1h 10'. Im Blut Diphtheriebacillen, Milch steril.
4 h. Blut steril, Milch steril. (Löffler'sches Serum.)
8 h. Blut steril, Milch steril.

4. VIII. 8 h. Desgleichen.
12 h. Desgleichen.
4 h. Desgleichen.
8h Abends. Desgleichen.

5. VIII. 8 h. Blut steril, Milch steril.
12 h. Desgleichen.
4 h. Desgleichen.
8 h Abends. Desgleichen.

6. VIII. 8 h. Blut steril, Milch steril. Das Thier zeigt deutliche Krankheitssymptome.
12 h. Blut steril, Milch steril.
4 h. Desgleichen.
8 h. Blut steril, Milch steril. Das Thier schwer krank.

7. VIII. In der Nacht stirbt das Thier.

Die (postmortal entnommene) Milch steril. Hämorrhagisches Oedem der Haut, salziges Oedem des Unterhautzellgewebes vorne vom Hals bis über den Nabel reichend; in den Präparaten aus den infiltrirten Theilen keine Diphtheriebacillen zu sehen. Lunge stellenweise hyperämisch, Milz, Leber, Niere nicht verändert, die Nebennieren hämorrhagisch zerstört. Geringer seröser Erguss in der Peritonealhöhle, sehr starker im Pleuraraum. Die Milchdrüse blass. Weder aus den Organen noch aus dem Herzblut lassen sich Diphtheriebacillen züchten. — Die Jungen bleiben gesund.

Interessant war hier, wie auch bei zwei Controlthieren und einem weiteren ganz gleich reagirenden säugenden Thier, die relativ lange Lebensdauer und das plötzliche, unvermittelte Erkranken der intravenös inficirten Thiere gegenüber den subcutan inficirten. Die ersteren starben nicht, wie man hätte erwarten können, früher, sondern 1—2 Tage später als die letzteren. Die Eprouvetten blieben, wie alle steril erscheinenden, sieben Tage im Brütschrank.

Digitized by Google

Cholera[1]).

Thier Nr. XIX.

Meerschweinchen von 530 g, hat am 24. VIII. geworfen, Milchsecretion reichlich.

31. VIII. 10^h erhält es 1 ccm 1 Tag alter Bouilloncultur von Cholera (Fall Elvers) in die Vena jugularis.
10^h 15'. Blut und Milch steril. (Bouillon).
2^h. Blut und Milch steril.
6^h. Desgleichen.

1. IX. 10^h. Aus Blut typische Cholera, Milch steril.
2^h. Desgleichen.
6^h. Desgleichen.

2. IX. 10^h. Aus Blut typische Cholera, Milch steril.
2^h. Desgleichen.
6^h. Desgleichen.

3. IX. $8^1/_2{}^h$ Früh stirbt das Thier.

Die post mortem (9^h) entnommene Milch steril. Vom Halse an über die ganze Bauchseite das Unterhautzellgewebe gelatinös infiltrirt, das Peritoneum injicirt, geringes Exsudat im Peritonealraum, an den Organen keine wesentlichen Veränderungen; die Milchdrüsen blass. Aus Peritonealexsudat, Leber, Milz, Niere und Herzblut gehen typische (stark leuchtende) Culturen von Bac. Elvers auf. Das Junge bleibt gesund.

Wir hatten aus der Reihe der Cholera- und choleraähnlichen Vibrionen den Vibrio Elvers ausgewählt, weil gerade eine stark virulente Cultur vorhanden war, und die Phosphorescenz schon makroskopische Identificirung ermöglichte. Der Verlauf der Erkrankung ist ja bei gleichem Infectionsmodus bei allen so ziemlich identisch. Dass die Vibrionen nach der Injection so schnell aus der Blutbahn verschwanden und erst nach 24 Stunden wieder den Körper überschwemmten, ist nach den bekannten Untersuchungen von Wyssokowitsch[2]) leicht verständlich. Hervorheben möchten wir die Zeitdauer (48 Stunden) während welcher sie in grosser Menge im Blute kreisten, also fortdauernd bei sicher bedeutenden Ernährungsstörungen der Gefässwände und Epithelzellen das Gewebe der Milchdrüsen umspülten, ohne in die Ausführungsgänge und damit in die Milch selbst gelangen zu können.

---

1) Th. Rumpel, Studien über den Choleravibrio. Berliner klinische Wochenschr., 1895, S. 73.

2) Siehe Anmerkung 5 auf S. 207.

Bacillus bovis morbificans[1]).

Da unsere Cultur von Bac. bovis morbificans, subcutan beigebracht, nicht recht virulent war (die Controlthiere siechten theils durch Wochen hin, ohne regelmässig Bacillen im Blute zu zeigen, theils blieben sie überhaupt gesund), so wählten wir intraperitoneale, intrapleurale und intravenöse Injection.

Thier Nr. XXII.

Meerschweinchen von 560 g hat am 14. IX. Früh geworfen. Sehr reichliche Milchsecretion.

14. IX. 7 h Abends erhält es in die linke Seite des Abdomens, möglichst weit von der Zitze entfernt, 1/2 ccm einer 1 Tag alten Bouilloncultur von Bac. bovis morbificans.

15. IX. 10 h Vorm. Das Thier zeigt erhöhte Temperatur, sitzt zusammengekauert da; clonische Krämpfe, das Fell gesträubt. Blut und Milch steril.

2 h. Blut und Milch steril.

6 h. Desgleichen.

16. IX. 10 h Vorm. Aus dem Blut (2 Oesen) entwickeln sich 3 Colonien von Bac. bovis morbificans; Milch steril, die Secretion nimmt stark ab.

2 h. Aus Blut 4—5 Colonien von Bac. bovis morb., Milch steril.

6 h. Aus Blut 10 Colonien von Bac. bovis morb., Milch steril.

17. IX. 10 h. Aus Blut 9—10 Colonien von Bac. bovis morb., Milch rechter- wie linkerseits je 1 Colonie (aus 2 Oesen); die Secretion ist wieder reichlicher.

2 h. Blut mehrere Colonien, Milch links 2, rechts 1 Colonie.

6 h. Blut 7 Colonien, Milch links 2, rechts 3 Colonien.

18. IX. 10 h. Blut massenhaft Colonien, Milch links 1, rechts 2 Colonien.

11 h stirbt das Thier.

Peritoneum stark geröthet, die Gefässe dilatirt; in den Milchdrüsen und Nebennieren geringe Hämorrhagien.

Aus Leber, Milz, Niere, Herzblut zahlreiche Colonien von Bac. bovis morbificans. Das Junge bleibt gesund.

Thier Nr. XXIII.

Meerschweinchen von 680 g, hat am 21. X. geworfen, Milchsecretion reichlich.

2. XI. 6 h Abends erhält es in den rechten Pleuraraum 1 ccm einer 1 tägigen Bouilloncultur von Bac. bovis morbificans.

---

1) Fritz Basenau, Ueber eine im Fleisch gefundene infectiöse Bacterie. Archiv für Hygiene, Bd. XX, 1894, S. 242.

3. XI. 10 h. Blut steril, Milch steril.
2 h. Desgleichen.
6 h. Blut steril, Milch links steril, rechts 4—6 Colonien von Bac. bovis morbificans.
6 1/2 h stirbt das Thier.

In den Milchdrüsen sehr geringe Hämorrhagien, in beiden Pleurahöhlen hämorrhagisches Exsudat. Organe nicht verändert. Herzblut, sowie Organe steril, aus dem Pleuraexsudat massenhaft Colonien von Bac. bovis morbificans. Das Junge bleibt gesund.

Thier Nr. XXV.

Meerschweinchen von 470 g, hat am 16. XI. geworfen, reichliche Milchsecretion.

20. XI. 1 h erhält es 1 ccm einer 1 tägigen Bouilloncultur von Bac. bovis morbificans in die Vena jugularis.
1 h 10'. Aus dem Blut massenhaft Colonien, Milch steril.

20. XI. 5 h. Aus dem Blut ca. 20 Colonien; Milch rechts steril, links 1 Colonie.

21. XI. 8 h. Aus dem Blut zahlreiche Colonien; Milch rechts steril, links ca. 12 Colonien von Bac. bovis morbificans.
11 h stirbt das Thier.

Geringe Hämorrhagien in Milchdrüsen und Nebennieren, starke im Unterhautzellgewebe und in der Leber. Aus Leber, Niere, Milz und Herzblut zahllose Colonien von Bac. bovis morbificans. Das Junge bleibt gesund.

Wir wollen hervorheben, dass wir in Uebereinstimmung mit Basenau den Bac. morbificans bovis stets in der Milch wieder fanden; ferner, dass wir, unseren Erwartungen entsprechend Haemorrhagien in der Milchdrüse constatiren konnten, die allerdings oft sehr gering waren. Dass die bei den Mutterthieren gelassenen Jungen nicht inficirt wurden, ist wohl auf die bereits oben erwähnte Verminderung der Virulenz zu beziehen, ebenso die bedeutend längere Zeit, die der Bac. bovis morbificans bei unseren intraperitonealen resp. intrapleuralen Injectionen brauchte, um ins Blut zu gelangen (3/4 Stunden bei Basenau). Auffallend dagegen ist es, dass die Milch der einen Seite steril sein konnte, obgleich bei der Section beide Milchdrüsen dieselben Veränderungen zeigten. —

Einmal hatten wir auch Gelegenheit, bei einem säugenden Kaninchen, das eigentlich anderen Zwecken diente, die Milch auf Staphylococcen zu untersuchen: Das Thier war intrapleural

inficirt worden, und obgleich das Blut (in vivo) reichlich Staphylococcen zeigte, war die Milch steril.

Wir wollen jetzt einige Protokolle unserer Mischinfectionsversuche bringen. Vorauszuschicken ist, dass die Aufgabe, den Bac. anthracis, in dem Augenblicke ins Blut resp. in die Milch treten zu lassen, in dem ein Hämorrhagien erregender Pilz, der Pyocyaneus oder bovis morbificans seine Veränderungen an der Milchdrüse bereits gesetzt hat, nicht so einfach zu lösen war, als es erscheinen mochte. Bald überwog der eine, bald der andere, so dass das Bild ausschliesslich von ihm beherrscht wurde. Dann aber zeigten sich Erscheinungen des Antagonismus, die jede Vorausberechnung mittelst der Controlthiere fast unmöglich machten; so lebten oft die Thiere, die mit Bac. bovis morbificans und Anthrax geimpft waren, länger, als wenn sie nur mit einem von beiden inficirt worden wären.

Thier Nr. XXVII.

Meerschweinchen von 610 g, hat am 18. VI. geworfen; reichliche Milchsecretion.

22. VI. 5 h. Eine Aufschwemmung von Pyocyaneus (4 Oesen einer 1 Tag alten Agarcultur in 0,6 proc. ster. Kochsalzlösung) wird in die Vena jugularis injicirt; unmittelbar darauf erhält es eine halbe Oese Anthrax subcutan unter die Rückenhaut.
5 h 30'. Blut massenhaft Pyocyaneus, Milch steril.
8 h Abends. Blut reichlich Pyocyaneus, Milch steril.

23. VI. 9 h. Blut reichlich Pyocyaneus, ebenso Milch rechts und links Pyocyaneus.
11 h stirbt das Thier.

Rings um die beiden Milchdrüsen sind die Gefässe injicirt, die Milchdrüsen selbst hyperämisch, starke Hämorrhagien. Im Peritonealraum blutigseröses Exsudat, die Darmgefässe injicirt, die Leber parenchymatös degenerirt, Milz vergrössert, die Nebennieren vergrössert, durch Hämorrhagien fast zerstört. Aus Leber, Milz, Niere, Herzblut, Peritonealexsudat Pyocyaneus in Reincultur.

Es war also eine reine Pyocyaneusinfection, bei der der Anthrax nicht Zeit hatte, aufzukommen. Auch die Veränderung der Pigmentbildungsfähigkeit war wie bei Thier XII und den anderen früher erwähnten.

Thier Nr. XXIX.

Meerschweinchen von 540 g, hat am 1. VII. geworfen. Sehr reichliche Milchsecretion.

2. VII. 12 h. Erhält eine Oese Anthrax unter die Rückenhaut.
4 h. Blut und Milch steril.

3. VII. 8 h. Blut und Milch steril.
10 h erhält es 0,3 ccm einer 2 Tage alten Bouilloncultur von Pyocyaneus in die Ohrvene (die hier gerade sehr stark entwickelt war).
10 h 30'. Blut Pyocyaneus, Milch steril.
2 h. Blut Pyocyaneus (spärlich), Milch steril.
6 h. Blut Pyocyaneus (spärlich), Milch steril.

4. VII. Das Junge, das beim Mutterthier geblieben war, stirbt. Weder im Herzblut noch in den Organen desselben ist Pyocyaneus oder Anthrax nachweisbar. Ein zweites Junges (das vorher weggenommen worden war) wird zum Mutterthier gegeben.
8 h. Blut reichlich Anthrax und Pyocyaneus, Milch steril.
10 h. Blut massenhaft Anthrax und viel Pyocyaneus, Milch steril.
2 h. Blut massenhaft Anthrax und weniger Pyocyaneus, Milch steril.
6 h. Blut massenhaft Anthrax und weniger Pyocyaneus, Milch steril.

5. VII. In der Nacht stirbt das Thier.

Die post mortal abgenommene Milch zeigt 2 Anthraxcolonien von der linken Seite. Die Milchdrüsen zeigen keine Hämorrhagien. Blutig-gallertiges Anthraxödem unter der Bauchhaut. In den Nebennieren Hämorrhagien, Milz stark vergrössert, Darm geröthet. Aus Leber, Milz, Niere und Herzblut massenhaft Anthrax und einige Pyocyaneuscolonien. — Das Junge bleibt gesund.

Hier hatte der Anthrax vollkommen den Pyocyaneus verdrängt; trotz oder vielmehr infolge der Doppelinfection der beiden antagonistischen Bacterien hatte das Thier um mindestens 12 Stunden länger gelebt, als ein mit Anthrax allein inficirtes Controlthier. Die zwei post mortem aus der Milch aufgegangenen Anthraxcolonien haben natürlich nichts Beweisendes.

Wir setzten die Mischinfectionsversuche später ausschliesslich mit dem Bac. bovis morbificans fort.

Thier Nr. XXX.

Meerschweinchen von 470 g hat am 10. IX. geworfen; an Stelle der linken Zitze ist eine flache Narbe, die rechte ist normal und gibt reichlich Milch.

14. IX. 7 h Abends. Erhält eine intraperitoneale Injection von $^1/_2$ ccm 1 Tag alter Bouilloncultur von Bac. bovis morbificans (auf der linken Seite hoch oben)

Digitized by Google

15. IX. 10 h. Blut steril, Milch steril.
11 h. Erhält eine Oese Anthrax unter die Rückenhaut.
2 h. Blut steril, Milch steril.
6 h. Aus Blut 2 Colonien Bac. bovis morbificans, Milch steril.
16. IX. 10 h. Aus Blut 4 Colonien Bac. bovis morbificans, Milch steril.
2 h. Aus Blut ca. 7 Colonien Bac. bovis morbificans, Milch steril.
6 h. Aus Blut 7—10 Col. Bac. bovis morbificans, Milch steril.
17. IX. 10 h. Aus Blut ca. 8 Col. Bac. bovis morbificans und massenhaft Anthrax, Milch steril.
2 h. Aus Blut nur Anthrax, Milch steril.
6 h. Aus Blut nur Anthrax, Milch steril.
7 h stirbt das Thier.

Die post mortem entnommene Milch steril. Keine Hämorrhagien der Milchdrüsen und Nebennieren, keine Flüssigkeitsansammlung in der Peritonealhöhle. Peritoneum intensiv geröthet, Gefässe desselben injicirt. Milz sehr stark vergrössert, blutreich; typisches sulzig-hämorrhagisches Anthrax-Oedem vom Rücken ausgehend über Rücken- und Bauchhaut bis zum Zwerchfellansatz reichend. Aus Leber, Milz, Niere, Herzblut geht ausschliesslich Anthrax auf. — Das Junge bleibt gesund.

Thier Nr. XXXI.

Meerschweinchen von 450 g hat am 18. X. geworfen; reichliche Milchsecretion.

23. X. 11 h. Erhält 1 ccm 1 Tag alter Bouilloncultur von Bac. bovis morbificans in die rechte Pleurahöhle.
4 h. Blut steril, Milch steril.
24. X. 10 h. Aus Blut 2 Colonien von Bovis morbificans, die Milch rechts steril, links 11 Colonien.
2 h. Blut 3—4 Col., Milch rechts steril, links zahlreiche Colonien.
6 h. Desgleichen.
25. X. 10 h. Blut 1 Col., Milch rechts steril, links massenhaft Colonien.
2 h. Desgleichen.
6 h. Blut ca. 3 Col., Milch rechts steril, links massenhaft Colonien.
1 h erhielt das Thier eine Oese Anthrax unter die Rückenhaut.
26. X. 10 h. Blut reichlich Bovis morbificans, Milch rechts spärlich, links massenhaft Bovis morbificans.
2 h. Blut reichlich Bovis morbificans, Milch rechts spärlich, links massenhaft Bovis morbificans.
6 h. Blut reichlich Bovis morbificans, Milch rechts reichlicher, links massenhaft Bovis morbificans.
27. X. 9 h stirbt das Thier.

Die post mortem entnommene Milch beiderseits Colonien von Bovis morbificans ergebend. In die linke Milchdrüse starke, in die rechte äusserst geringe Hämorrhagien, Nebenniere hyperämisch, Milz vergrössert, die Pleura intensiv geröthet mit kleinen Hämorrhagien, vielfach adhärirend, im Pleura-

Digitized by Google

raum eiteriges Exsudat, auf den Lungen Abscesse. Aus Milz, Leber, Niere, Herzblut ausschliesslich Bac. bovis morbificans.

1. XI. stirbt das Junge, das beim Mutterthier geblieben war. Aus Herzblut und Organen gehen Staphylococcen auf.

In diesem Falle überwog der Bac. bovis morbificans derart, dass er den Anthrax hinderte ins Blut einzutreten (beim Controlthier war Anthrax schon 24 Stunden nach subcutaner Impfung im Blute!).

Thier Nr. XXXII.

Meerschweinchen von 450 g, hat am 20. I. geworfen; reichliche Milchsecretion.

5. II. 6 h Abends erhält es eine Oese Anthrax unter die Rückenhaut.
6. II. 10 h. Blut steril, Milch steril.
11 h erhält es $^3/_4$ ccm 1 Tag alter Bouilloncultur von Bac. bovis morbificans intraperitoneal.
6. II. 2 h. Blut steril, Milch steril.
6 h. Desgleichen.
7. II. 10 h. Blut 1 Colonie Bovis morbificans, Milch steril.
3 h. Blut 3—4 Colonien Bovis morbificans, Milch steril.
7 h. Blut 1 Colonie Bovis morbificans und ca. 3 Col. Anthrax; Milch steril.
8. II. 10 h. Blut zahllose Colonien Anthrax, Milch steril.
1 h. Desgleichen.
4 h stirbt das Thier.

Die unmittelbar post mortem entnommene Milch gibt links 8, rechts 4 Colonien von Anthrax. Die Milchdrüsen zeigen äusserst geringe Hämorrhagien, die Nebennieren keine. Peritoneum stark geröthet, injicirt, eiterige Herde einschliessend. Seröses Exsudat. Milz vergrössert.

Aus den Eiterherden am Peritoneum geht Bovis morbificans, aus dem Peritonealexsudat Bovis morbificans und Anthrax, aus Milz, Leber, Niere, Herzblut ausschliesslich Anthrax auf. — Das Junge bleibt gesund.

Auch in diesem Falle glauben wir dem post mortalen Fund von Anthrax in der Milch keine entscheidende Bedeutung beilegen zu können, da ja während und infolge der Agonie die Keime hineingelangt sein können. Auffallend bleibt auch hier die Verzögerung des Ueberganges vom Anthrax ins Blut und seiner letalen Wirkung infolge der Mischinfection mit dem Bac. bovis morbificans.

Thier Nr. XXXV.

Meerschweinchen von 610 g, hat am 26. II. geworfen, wenig Milch.

14. III. 11 h. 1 Oese Anthrax unter die Rückenhaut.
6 h. Blut steril, Milch steril.

15. III. 10 h. Blut steril, Milch steril.
1 h erhält es 3 ccm einer 1 Tag alten Bouilloncultur von Bac. bovis morbificans intraperitoneal.
4 h. Blut 1 Colonie Anthrax, Milch steril.
8 h. Blut einige Colonien Anthrax, Milch steril.

16. III. 10 h. Blut massenhaft Anthrax, ebenso Milch der rechten Seite, Milch links steril. Die Milchsecretion ist wieder sehr reichlich. $^1/_2$ ccm wird aus den beiden Zitzen abgespritzt, mit Bouillon auf $1^1/_2$ ccm verdünnt und einem Meerschweinchen von 320 g unter die Rückenhaut injicirt. Das Thier stirbt nach 36 Stunden: typisches Anthraxödem, Milz stark vergrössert, aus Herzblut und allen Organen Anthrax.
2 h. Blut massenhaft Anthrax, ebenso Milch rechts und links.
6 h. Desgleichen.

17. III. In der Nacht stirbt das Thier.

Die post mortem entnommene Milch beider Seiten massenhaft Anthrax enthaltend und etwas blutig. Die Milchdrüsen zeigen sehr starke Hämorrhagien, ebenso Uterus und in geringerem Grade die Nebennieren. Milz sehr vergrössert, Leber mit Eiterflöckchen belegt, Peritoneum geröthet, seröseiteriges Exsudat enthaltend.

Aus dem Peritonealexsudat gehen ausschliesslich Colonien von Bac. bovis morbificans auf, aus Leber, Milz, Niere, Herzblut neben einzelnen von diesen massenhaft Anthrax. — Das Junge bleibt gesund.

Dies ist ein Versuch, der uns ausschlaggebend und beweisend erscheint: während wir bei reiner Anthraxinfection diesen sonst nie — selbst post mortal nicht — in der Milch fanden, (sechs ganz gleich ausfallende Versuche!) konnten wir hier dadurch, dass wir mittels des Bact. bovis morbificans Hämorrhagien in der Milchdrüse setzten, den Anthrax in grossen Massen in vivo in die Milch gelangen lassen.

Dass der Bac. bovis morbificans nicht selbst in der Milch erschien, ist nicht merkwürdig: wir haben ihn in vivo auch im Blute vermisst, und die Hämorrhagien dürften (wie bei der Dipthherie) seinen Toxinen zuzuschreiben sein.

Dass das Junge nicht inficirt wurde, mag wohl auch daran liegen, dass das Mutterthier infolge seiner schmerzhaften Peritonitis es am letzten Tag nicht säugen liess.

Das Ergebnis unserer Untersuchungen glauben wir dahin zusammenfassen zu dürfen, dass im allgemeinen nur jene Krankheitserreger in die Milch übergehen, welche

im Stande sind, Hämorrhagien oder solche Veränderungen in der Milchdrüse zu setzen, durch welche der normale Zusammenhang dieses Organs gestört wird. Bei sehr vielen Krankheiten, auch rein septikämischen Processen, wo das Blut mit Keimen überschwemmt ist und diese die Milchdrüsenelemente längere Zeit umspülen, wird die Milch bis zum Tode steril abgesondert, ja, kann sogar noch post mortem steril gewonnen werden. Als Beispiel diene die Infection mit Anthrax.

Infectionskeime, die mit der Milch ausgeschieden werden, erscheinen im strengeren Sinne nicht als Ausscheidungsproducte von Seiten der Drüse, sondern sind vielmehr mechanische Beimengungen infolge von Hämorrhagien oder localen Erkrankungen der Drüse selbst.

Dass aber ausser dem Erreger auch noch die betreffende Thierart in Betracht kommt, zeigt die vorerwähnte Arbeit von Malvoz, der bei französischen Schafen durch Anthrax Hämorrhagien in der Placenta erzeugen konnte, bei algerischen nicht.

Ob also die Milch eines kranken Thieres die betreffende Krankheit zu übertragen im Stande ist, muss für jede Infectionskrankheit für sich, ja sogar für jede Art von Säugethieren besonders bestimmt werden.

Doppelte Sandfiltration für centrale Wasserversorgung.

Von

Eugen Götze,

Oberingenieur des Wasserwerks Bremen.

Sandfilterwerke bestehen in Deutschland in grosser Anzahl und gerade unsere grössten Gemeinwesen sind mit Trinkwasser versorgt, das in ihnen erzeugt ist. Sie sind der Wasserversorgung im allgemeinen unentbehrlich, trotzdem die Fälle, in denen es von vornherein unmöglich war, eine Stadt mit Grundwasser zu versorgen, dadurch verringert sind, dass man das Eisen des Grundwassers bis zu einem erträglichen Endergebnis verringern kann. Bei richtiger Anlage und zuverlässiger Leitung, Dinge, die man bei grösseren Gemeinwesen zur Vorbedingung machen kann, sind die Sandfilterwerke für Filtration von Oberflächenwasser allen Anforderungen an eine gesunde Wasserversorgung mindestens ebensosehr gewachsen, wie viele Grundwasserversorgungen. Wo Gegentheiliges bekannt geworden ist, ist jenen Vorbedingungen auch nicht entfernt genügt gewesen, waren grobe Fehler nachzuweisen, die sich leicht vermeiden lassen, und die der Sache nicht zur Last gelegt werden dürfen, ebensowenig wie die Grundwasserleitungen deshalb principiell verworfen werden, weil in einer grossen Zahl von Fällen nachgewiesenermaassen Typhusepidemien durch sie unter Uebertragung der Keime auf weite Entfernung hervorgerufen sind[1]).

1) H. A. Röchling, Einige Bemerkungen über Grundwasser und Oberflächenwasser. Gesundheits-Ingenieur, 1896, Nr. 20.

Digitized by Google

Im Sinne derer aber, die Oberflächenwasser für Trinkwasserversorgung aus theoretischen Erwägungen ganz verwerfen, den grossen Städten **Besseres** zu bieten, ist in manchen Fällen mit so enormen Kosten verknüpft, dass man es unmöglich nennen muss. Man kann in vielen Fällen dem Untergrunde die erforderlichen grossen Wassermengen nicht entnehmen, ohne dass man zu bedenklichen Hilfsmitteln greift. Gerade unsere berufensten Wasserversorgungstechniker sind darüber einig, dass man vielerorts, wenn man genügende Grundwassermengen haben will, den Vorrath der offenen Gewässer dienstbar machen muss und das Mittel, das Oberflächenwasser unter Umgehung der vielgeschmähten Sandfiltration zu ihrem Dienste zu zwingen, nennen die Einen natürliche Filtration, die Anderen künstliche Grundwassererzeugung. Was dabei herauskommt, darüber herrscht zwar noch keine Einigkeit, aber die Mehrheit ist der Ansicht, dass die Entnahme von Flusswasser durch natürliche Filtration nur ein trauriger Nothbehelf[1]), ist und dass dabei sicher nicht so Gutes, wie bei der künstlichen, centralen Sandfiltration heraus kommt.

Wenn wir uns im Nachstehenden mit deren Leistungsfähigkeit beschäftigen, so sei natürlich eine fehlerfreie, nach den Bestimmungen des Reiches über Filtration von Oberflächenwasser gebaute Anlage vorausgesetzt. Ich möchte zu den dort angegebenen Regeln noch als äusserst wünschenswerth die Verwendung von selbstthätigen Filterreglern[2]) hinzufügen.

Auch solche tadellos angelegte Filter haben Zeiten geringerer Leistungen, Zeiten, in denen eine Abhängigkeit des Bacteriengehaltes des Filtrats von dem des Rohwassers sicher und zweifellos festgestellt werden kann. Es sind das die ersten Tage nach

1) Verhandlungen des Deutschen Vereins der Gas- und Wasserfachmänner, 1897 Leipzig und 1898 Nürnberg.

2) E. Götze, Selbstthätige Wasseraustrittsregler, besonders für Filter. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1897, S. 169 ff. — Pannwitz, Filtration von Oberflächenwasser in den deutschen Wasserwerken während der Jahre 1894 bis 1896. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. XIV, (1898), S. 261.

Digitized by Google

jeder Filterreinigung und die Zeiten, in welchen der zur Versorgung herangezogene Fluss hochwasserartig[1]) anschwillt.

Den schädlichen Einfluss der Reinigungen auf die qualitative Arbeit des Filters aus den üblichen bacteriologischen Zählungen zu erkennen, bedarf es eines Rohwassers mit mittlerem oder noch schlechterem Bacteriengehalt. Bei ganz niedrigem Keimgehalt des Rohwassers verwischt sich der Einfluss der Reinigung. Je höher der Bacteriengehalt des Rohwassers ist, um so höher ist auch der Bacteriengehalt des Filtrates nach der Reinigung und um so länger währt es, bis die Keime des Filtrates auf die gewohnte niedrige Zahl, also unter 100 pro Cubikcentimeter gesunken sind. In diesen ersten Tagen nach der Reinigung — je nach der Menge der im Rohwasser enthaltenen Bacterien also länger oder kürzer — reducirt das Filter die Bacterien in irgend einem Verhältnis und zwar in geringem Maasse am Tage nach der Reinigung, dann immer stärker. Ausser in diesen Tagen der Schwäche kann man keinen Zusammenhang zwischen der Zahl der Rohwasserbacterien und der Zahl der Filtratbacterien feststellen. Wir wollen schon hier hinzufügen: vorausgesetzt, dass das Rohwasser nicht hochwasserartigen Charakter annimmt. Die Bacterien des normalen Rohwassers mögen zwischen etwa 600 und 6000 im Cubikcentimeter schwanken, das Filtrat wird, nachdem der Einfluss der Reinigung vorüber, gleichmässige niedrige, vom Bacteriengehalt des Rohwassers unabhängige Zahlen aufweisen, Zahlen, die sich in nichts von denen unterscheiden, die man von Proben aus den Zapfhähnen einer guten Grundwasserleitung erhält und Zahlen, die man auch nicht mit Zwang in die Uniform einer bestimmten Verhältniszahl bringen kann. Trägt man sich die Keimzahlen in ein Diagramm als Höhen auf, für Rohwasser und Filtrat von der gleichen Nulllinie aus, so wird man sehen, dass die so

1) Dies »hochwasserartig« in unserem Sinne verlangt als Kennzeichen nicht eine Höhe des Wasserstandes, die Ueberschwemmungen herbeiführen und Deiche gefährden kann, sondern sie ist charakterisirt durch die bei einer beliebigen Anschwellung herangeführten, ausserordentlichen Mengen von Bacterien und von trübenden Bestandtheilen.

entstandene Keimcurve des Filtrates nicht den geringsten Versuch macht, der des Rohwassers parallel zu verlaufen, dass sie vielmehr mit geringem Abstande der Nulllinie parallel verläuft. Diese Thatsache deckt sich vollkommen mit der Forderung der Reichsbestimmungen, dass die Keimzahl 100 nicht überschritten werden soll, wenn, was auch dort Voraussetzung ist, die erste Zeit nach der Reinigung grundsätzlich aus der Filterperiode herausgeschnitten wird. Denn die ungenügende Wirkung nach der Reinigung kann sich z. B. zwischen den Zahlen 20 und 90 abspielen. Die genügend bekannte, aber oft überhaupt nicht und oft ungenügend befolgte Forderung, dass das erste Filtrat nach Reinigungen von der Versorgung ausgeschlossen bleiben soll, ist in der Unzuverlässigkeit der Filterthätigkeit während dieser ersten Periode durchaus begründet; selbst wenn die Keimzahlen die Zahl 100 nicht überschreiten, ist die Spülung des Filters nöthig. Ist das Filter aber erst einmal eingearbeitet, so liegt in der constanten Keimzahl des Filtrates die Gewähr, dass die Filtration eine vollkommene ist.

Die constanten Keimzahlen des Filtrates hören sofort auf bei hochwasserartigen Anschwellungen des Stromes, die durch wenigstens 10000 bis 20000 Keime pro Cubikcentimeter gekennzeichnet sind, oft aber auch 50000 und bis zu 100000 Keime pro Cubikcentimeter auf die Filter bringen. Die Filter werden dann in ihrer gleichmässigen Thätigkeit beunruhigt, die Keimzahlen der Filtrate bleiben nicht mehr constant, sondern sie steigen schnell auf mehrere hundert, ja mehrere tausend, bis das Hochwasser abschwillt, wobei sofort die Filtratkeimzahlen schroff gegen Null hin abfallen, aber nur *gegen* Null *hin*, nicht *bis* Null, sondern nur bis zu der gewöhnlichen, praktisch constanten Zahl.

Diese kurzen Perioden, in denen das Einzelfilter schlechter arbeitet, müssen aus dem sonst so zuverlässigen Gesammtbetriebe des Filterwerkes herausgeschnitten werden. Es handelt sich also um deutlich vorauszuerkennende Perioden, für deren Constatirung man von bacteriologischen Untersuchungen, welche ja erst nachträglich Ergebnisse zeitigen, ganz unabhängig ist: um *Hochwasser*, um die Zeit nach *Reinigungen*, wozu noch

Digitized by Google

die Zeiten nach Sandauffüllungen kommen, in denen das Filter wochenlang überhaupt nicht Filter in unserem Sinne ist.

Es sei hier eingeschoben, dass es sich nur scheinbar um zwei oder drei von einander trennbare äussere Einflüsse handelt. In Wahrheit ist es bei Hochwasser und nach Reinigungen ganz dasselbe, was die Filterthätigkeit beeinträchtigt: in beiden Fällen der Mangel einer für den gerade vorhandenen Keimgehalt des Rohwassers genügenden Verschlammung, ein Mangel, der durch die aus anderen Gründen unvermeidliche Reinigung bedingt ist. Hätte das Rohwasser schon bei der Filterreinigung Hochwassercharakter gehabt, so würde der Einfluss der Reinigung eine Reihe von Tagen länger gedauert haben. Hatte das Rohwasser bei der Reinigung bessere Eigenschaften, so hatte das Filter für diese geringe Keimzahl bald eine genügend gute Verschlammung, nicht aber für die spätere hohe Keimzahl, so dass anscheinend zwei getrennte Einflüsse zu constatiren sind. Aus diesem gemeinschaftlichen Ausgange zweier getrennt auftretender Erscheinungen erklärt sich der Umstand, dass das Hochwasser auf mehr verschlammte Filter weniger schädlich einwirkt.

Diese besprochenen Perioden minderer Arbeitsleistung der Einzelfilter müssen also für das Gesammtergebnis unschädlich gemacht werden und die einzige Art und Weise, das zu erreichen, ist die Nachfiltration in verschlammten Filtern bei Ueberführung des Vorfiltrates ins Nachfilter mittels natürlichen Gefälles[1]). Und das einzige Mittel, ein richtig und an der ganzen Fläche gleichmässig verschlammtes Nachfilter zu erhalten, ist, es mit Rohwasser von nicht zu schlechter Beschaffenheit einzuarbeiten[2]).

1) Götze, Doppelfiltration, Journ. f. Gas- und Wasservers., 1896, S. 2 und ff.; Doppelfiltration, Zeitschr. des Vereins Deutscher Ingenieure, 1896, S. 820; erste Versuche mit Grossfiltern im Herbst 1894. — Pannwitz, Filtration von Oberflächenwasser in den deutschen Wasserwerken während der Jahre 1894 bis 1896. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. XIV (1898), S. 266 ff. — Kurth, Erster Bericht über die Thätigkeit des bacteriologischen Instituts zu Bremen, 1893 bis 1897, S. 15 und 16.

2) Eine künstliche Schlammhaut für das Nachfilter herzustellen, woran man dabei denken könnte, ist geradezu unmöglich. Wenn man dazu Thon

Eine Nachfiltration kommt also nur bei Hochwasser, nach Reinigungen und nach Auffüllungen in Betracht. Ausser in diesen Perioden genügt die einfache Filtration. Wenn nun auch diese drei Fälle ihre letzte Erklärung in demselben Punkte, der mangelhaften Verschlammung finden, so sind sie im Betrieb dennoch zu trennen und zwar in zwei Gruppen von Erscheinungen, deren erster die Zeiten nach Filterreinigungen und nach Sandauffüllungen angehören und deren zweiter die Hochwasserperioden.

Nach Reinigungen wird wenigstens 48 Stunden nachfiltrirt, wenn das Rohwasser so beschaffen ist, dass nach den örtlichen Erfahrungen binnen 48 Stunden der schädliche Einfluss der Reinigung vorüber ist. Weniger als 48 Stunden zu nehmen empfiehlt sich bei der nothwendig geringen anfänglichen Filtergeschwindigkeit nicht.[1]) Liegt der geringste Verdacht vor, dass der schädliche Einfluss der Reinigung wegen schlechterer

nehmen möchte, so muss man ihn im Wasser, aus dem er sich auf dem reinen Filtersand niederschlagen soll, so fein vertheilen, wie er im Flusswasser vertheilt ist; das ist so fein, dass Wasser und Thon gewissermaassen ein innig verbundenes Ganzes sind. Nur dann kann man auf ganz gleichmässige Vertheilung auf der ganzen Filterschicht rechnen. Und hat man diese Schwierigkeit überwunden, so hat man das grobe Sandsieb, das ein nicht eingearbeitetes Filter ist, in ein feines Thonsieb verwandelt, aber lange noch nicht in ein biologisches Filter, was es doch sein soll. Dazu gehören die Bacterienwucherungen. Nun gäbe es ja ein vorzügliches Material für eine künstliche Schlammdecke, das wäre der aus dem schmutzigen Sand herausgewaschene Schlamm, der ja identisch ist mit dem Material, mit dem sich das Filter selbst einarbeitet. Vor dessen Verwendung zu solchen Zwecken muss ich aber ganz nachdrücklich warnen. Auch hier ist das einzige Mittel zu gleichmässiger Vertheilung das, den Schlamm mit Wasser vermischt, über den Filtersand zu bringen, damit er sedimentiren kann. Dabei bildet man aber ein enorm bacterienhaltiges Wasser, dem kein Filter gewachsen ist, zumal es während des vorgeblichen, ruhigen Abstehens in das Filterbett hineindringt. Denn kaum ein Filterbecken ist absolut dicht, es ist vielmehr stets ein, wenn auch geringer Zug des Wassers nach unten da. Anstatt also durch die sich ablagernde Schlammdecke das Filter keimsicher zu machen, wird man bei einem solchen Experiment die Bacterien des Schlammgemisches tief in den Filtersand hineindrängen.

1) Ueber die geringste Zeit des Nachfiltrirens siehe Götze, Verb. u. Ersparnisse etc. Journal für Gasbel. und Wasservers., 1896, S. 2.

Digitized by Google

Beschaffenheit des Rohwassers länger währt, so wird so lange nachfiltrirt, bis die bacteriologischen Untersuchungen nachweisen dass das Einfachfiltrat einwandfrei ist. Dabei muss beachtet werden, dass man am ersten Tage nach der Reinigung fast immer ein gutes Resultat der bacteriologischen Zählung erhält und bei richtiger Behandlung des Filters erhalten muss, und dass das Maximum der Keimzahl erst aus der am zweiten Tage entnommenen Probe erhalten, also nach 3 mal 24 Stunden gezählt wird.

Es ist gelegentlich[1]) behauptet worden, dass mein System viel mehr bacteriologische Untersuchungen verlange, als sonst nöthig sei. Das ist aber durchaus nicht zutreffend. Filtrirt man nur einfach, so muss man das erste Filtrat nach einer Reinigung unbenutzt ablaufen lassen und wird gerade dann viel sorgsamer und öfter bacteriologisch untersuchen müssen, damit man wegen der Kosten des Laufenlassens ja genau die Zeit abpasst, wo man das Filtrat benutzen darf. Dagegen hat man diese Aengstlichkeit bei meinem System nicht nöthig, weil die Nachfiltration hygienisch immer nur Nutzen bringt, selbst wenn sie streng genommen nicht nöthig wäre, und weil sie wirthschaftlich Ersparnisse, aber keine Kosten verursacht. Hat man ein Filter neu mit Sand aufgefüllt, so filtrirt man das Filtrat ebenfalls nach, bis die bacteriologischen Untersuchungen einwandfreie Ergebnisse aufweisen. Auch in diesem Falle kommt man mit weniger Untersuchungen aus, als bei einfacher Filtration mit dem unvermeidlichen Laufenlassen. Bekannt ist, dass nach Auffüllungen das Filtrat wochenlang mangelhaft ist, manchmal, soweit die Zahl der Bacterien dafür maassgebend, schlechter als das Rohwasser. Aber auch im ungünstigsten Falle ist das Filtrat eines aufgefüllten Filters als Rohwasser noch gut genug und wird im Nachfilter zuverlässig verarbeitet. Da nun Kosten durch die Nachfiltration für den Betrieb nicht entstehen, so kann man, wenn man die bacteriologischen Untersuchungen sparen will, die beiden Filter, das aufgefüllte und sein Nachfilter, die ersten etwa

1) Halbertsma u. van t'Hoff, Die Resultate der doppelten Filtration zu Schiedam. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1896.

Digitized by Google

14 Tage ruhig sich selbst überlassen, ohne Proben zu nehmen. Während das Nachfilter unbedingt einwandfreies Filtrat ergibt, arbeitet sich das Vorfilter ruhig und gleichmässig ein. Und ist sein Filtrat nach 14 Tagen noch nicht einwandfrei, nun so filtrirt man weitere 8 oder 14 Tage nach und berücksichtigt dabei leicht, dass die neu aufgefüllten Filter Neigung zu Rückfällen haben.

Auch die schädliche Einwirkung des Hochwassers muss man vorhersehen können, wenn die Erfolge der Nachfiltration vollkommene sein sollen; es genügt nicht, abzuwarten, bis bacteriologische Untersuchungen schlechte Resultate vor Augen führen. Das Hochwasser lässt sich rechtzeitig erkennen an der Erhebung des Wasserspiegels — die erforderlichen Falles telegraphisch vom Oberlauf her angezeigt werden kann — ferner an der grösseren Menge der Trübungen, die das Rohwasser aufweist. Dauernde Klarheitsbeobachtungen des Rohwassers belasten das Betriebspersonal nicht und sind jedenfalls von hohem Werth. Für richtige Beurtheilung solcher Vorzeichen sind natürlich örtliche Erfahrungen nöthig. Der Umstand, dass Sommerhochwässer im allgemeinen viel weniger bacterienreich sind als Herbst- und Frühjahrshochwässer, ist zu beachten.

Sobald die angeführten Kennzeichen schwer zu filtrirendes Wasser erwarten lassen, müssen die Filter rechtzeitig für Doppelfiltration umgestellt werden, ehe noch die als Nachfilter zu verwendenden selber schlecht filtriren. Und zwar müssen bei den ersten Anzeichen diejenigen Filter, die zuletzt gereinigt sind, zu Vorfiltern gemacht werden, später besser eingearbeitete, die stark verschlammten können unter Umständen einfach filtrirtes Wasser direct in das Sammelbassin geben. Der gute Erfolg ist natürlich, indem das mangelhafte Filtrat immerhin noch ein brauchbares, meist gar gutes Rohwasser darstellt. Aus dem Grunde bestehen gar keine Bedenken, die hier gewonnenen guten Ergebnisse auf andere Orte zu übertragen und gleich guter Ergebnisse für andere Werke sicher zu sein. Versuche an anderen Orten könnten nur für solche Filtergeschwindigkeiten wünschenswerth erscheinen, die die örtliche Maximalfiltergeschwindigkeit.

bei der erfahrungsmässig mit normalem Rohwasser noch gute Resultate erlangt werden, überschreiten [1]).

Tabelle I.

Keimzahlen der Filter 2 (Vorfilter) und 1 (Nachfilter) beim Hochwasser im März 1896.

Tag der Probeentnahme	Keime im Rohwasser, auf d. Filter, bevor zur Ruhe gekommen, also nach Ablagerg	Keime des Filters 2 Vorfilter vom 5. III. bis 22. III.	Keime des Filters 1 Nachfilter vom 5. III. bis 22. III.
2. III. 1896	950	80	25
5. III. 1896	2 400	150	76
Die Filter werden zur Doppelfiltration umgestellt, d. h. das Filtrat des Filters 2 wird statt in den Reinwasserkeller mittels Heberleitung in den Rohwasserraum des Filters 1 geleitet, dessen Rohwasserzulauf abgesperrt wird.			
9. III. 1896	19 500	116	36
10. III. 1896	23 100	295	17
11. III. 1896	28 100	780	31
12. III. 1896	16 900	616	60
13. III. 1896	19 500	610	55
14. III. 1896	10 100	620	34
15. III. 1896	11 300	185	22
16. III. 1896	9 000	155	48
17. III. 1896	4 200	95	24
18. III. 1896	4 600	76	24
19. III. 1896	2 250	74	21
20. III. 1896	1 650	38	20
21. III. 1896	1 800	63	26
22. III. 1896	1 400	49	33
Die Doppelfiltration wird unterbrochen, also das Filtrat des Filters 2 wird anstatt in den Rohwasserraum des Filters 1 wieder in den Reinwasserkeller geleitet, in den Rohwasserraum des Filters 1 wird Rohwasser geleitet, und das Filtrat des Filters 1 läuft nach wie vor in den Reinwasserkeller.			
23. III. 1896	1 000	32	28
24. III. 1896	1 000	49	38
25. III. 1896	740	77	49
26. III. 1896	680	80	23
27. III. 1896	840	38	14
28. III. 1896	700	24	9
30. III. 1896	760	31	10

1) Für Versuche halte ich nur die Verwendung von Grossfiltern für zulässig, für welche die Einrichtung für Doppelfiltration auf einfachste Weise getroffen werden kann. Die Benutzung meines Patentes für vorübergehende Versuche werde ich im einzelnen Falle nach besonderer Anfrage gern gestatten.

Digitized by Google

In der Tabelle I sind einige bei dem letzten Hochwasser mit sehr starken Trübungen gewonnene Resultate aufgezeichnet. Auch an dieser Stelle will ich für diejenigen, die eventuell in häufigen bacteriologischen Untersuchungen einen Nachtheil sehen, hervorheben, dass mein System dieselben nicht öfters verlangt als Einfachfiltration, sondern weniger. Hat man mittels Einfachfiltration ein Hochwasser zu bewältigen, so muss man alle Mittel heranziehen, um sich von dem guten oder schlechten Ergebnis zu überzeugen und steht zuletzt doch mit gebundenen Händen da. Bei der Doppelfiltration ist es gewiss interessant, auch die Vorfilter bacteriologisch zu untersuchen, aber durchaus nicht nothwendig, weil man in ihnen nur ein besseres Rohwasser für die Nachfilter erzeugt.

Ein ausserordentlich wichtiges Ergebnis der Doppelfiltration neben der Entfernung der Bacterien ist die bei jeder Gelegenheit geprüfte und nachgewiesene Reinigung des Wassers von thonigen Trübungen. Die Hochwässer sind ja nicht nur sehr bacterienreich, sondern auch stark durch erdige und thonige Suspensionen getrübt. Diese werden bei einfacher Filtration weit vermindert, aber nie gänzlich beseitigt. Es ist thatsächlich leichter, die Bacterien aus dem Wasser herauszufiltriren als den sehr fein vermahlenen Thon eines Hochwassers. Das einfache Filtrat sieht in solchen Fällen bläulich aus, es opalescirt stark. Kein Filter des chemischen Laboratoriums in beliebig vielfacher Wiederholung ist im Stande, solche Trübungen aus dem Filtrat zu entfernen. Wohl aber die Nachfiltration durch ein eingearbeitetes Sandfilter, das beste Filter, das überhaupt existirt. In Bremen musste früher bei jedem Hochwasser Filtrat mit mehr oder weniger Trübungen — abgesehen von seinem Bacteriengehalt — in die Stadtleitung gegeben werden; in der Stadt konnte man an jedem Zapfhahn auch aus geringen Quantitäten Wasser erkennen, dass die Weser Hochwasser führte. Das ist seit Einführung der Doppelfiltration vorbei. Nur auf dem Wasserwerk selbst und nur mit Apparaten, die scharfe Klarheitsbeobachtungen gestatten, konnte man in ganz schlimmen Fällen und bei einer wegen Reparaturen stark reducirten Filterfläche am Gesammtfiltrat eine ganz leichte Trübung

bemerken, die für die Abnehmer einfach nicht existirte. Auch dies belege ich in Tabelle II mit einigen Zahlen. Die Angaben stammen von einem Hochwasser, an dem sich die Trübungen in den verschiedenen Stadien der Verarbeitung des Wassers recht gut aus einanderhalten liessen. Sie beziehen sich auf dieselben Proben wie die Tabelle I.

Tabelle II.

Klarheitsgrade der Filter in Tabelle I an denselben Tagen.

Klarheitsgrad 0 = undurchsichtig,
» 100 = ganz klar.

Tag der Probeentnahme	Klarheitsgrad des Rohwassers	Klarheitsgrad des Filters 2. Vorfilter vom 5. III. bis 22. III.	Klarheitsgrad des Filters 1. Nachfilter vom 5. III. bis 22. III.
2 III. 1896	53	ganz klar	ganz klar
5. III. 1896	56	»	»
Umstellung zur Doppelfiltration am 5. III. 1898.			
9. III. 1896	3	ganz klar	ganz klar
10. III. 1896	3½	74	»
11. III. 1896	5½	61	»
12. III. 1896	6½	60	»
13. III. 1896	7½	63	»
14. III. 1896	9	65	»
15. III. 1896	14	70	»
16. III. 1896	16½	87	»
17. III. 1896	22	95	»
18. III. 1896	28	ganz klar	»
19. III. 1896	32	»	»
20. III. 1896	40	»	»
21 III. 1896	46	»	»
22. III. 1896	48	»	»
Umstellung zur einfachen Filtration.			
23. III. 1896	62	ganz klar	ganz klar
24. III. 1896	58	»	»
25. III. 1896	57	»	»
26. III. 1896	60	»	»
27. III. 1896	59	»	»
28. III. 1896	55	»	»
30. III. 1896	53	»	»

Nochmals sei die Nothwendigkeit betont, dass das als Nachfilter zu verwendende Filter gut eingearbeitet, also verschlammt

sei. Nicht nothwendig ist es, dass das Nachfilter stärker verschlammt ist als das Vorfilter, denn davon hängt der Erfolg durchaus nicht ab. Das Sandfilter wirkt nicht als Sieb, dem durch stärkere Verschlammung eine feinere Maschenweite verliehen wird, sondern infolge von biologischen Vorgängen. Ein Nachfilter mit beispielsweise 10 cm Filterdruck wird die 1000 bis 2000 Bacterien pro Cubikcentimeter, die durch ein Vorfilter von 30 cm Filterdruck durchgeschlüpft sind, ganz zuverlässig verarbeiten, obwohl es nach Ausweis der Druckhöhen weniger dicht ist als das mit gleicher Geschwindigkeit arbeitende Vorfilter. Das Nachfilter muss aber überhaupt in irgend einem Grade verschlammt, oder, mit anderen Worten, überhaupt eingearbeitet sein, wenn man Sicherheit haben will.

Eine andere Erfahrung sei noch hervorgehoben, dass nämlich das Nachfilter ein Filtrat mit 30 bis 40 Keimen nicht mehr und nicht besser zu reinigen vermag, als es das Vorfilter gethan hat. Und doch hat selbstredend in einem solchen Falle das Nachfilter dieselbe Arbeitskraft, als wenn es 1000 Bacterien pro Cubikcentimeter verarbeitet, eine Leistung, die es erfahrungsmässig mit Leichtigkeit vollbringt. Die 30 bis 40 Bacterien stammen eben aus den Rohren und Canälen des Filters und nicht von dem Rohwasser her. Wird das Filtrat mit 30 bis 40 Bacterien nachfiltrirt, so erhalte ich aus dem Nachfilter nicht Wasser mit 1 oder 2 Bacterien, sondern auch solches mit 30 bis 40, ja unter Umständen mit 60 bis 70 und zwar letzteres nicht vorübergehend, sondern Tage, auch Wochen lang hintereinander.

Hieraus ist der Fehler ersichtlich, den man begeht, wenn man Filtrationseffecte durch Verhältniszahlen darstellt. Bei einem Nachfilter, das als Rohwasser solches mit 35 Keimen verarbeitet und wegen der Eigenkeime ein Filtrat mit 70 Keimen erzeugt, würde der Effect der sein, dass das Filtrat 200% der Bacterien des Rohwassers enthielte und trotzdem würde das Filter ohne Zweifel sehr befriedigend arbeiten, obwohl man es nach dieser Methode für sehr mangelhaft halten müsste. Und andererseits würde man ein Filtrat mit 1000 aus 100000 zurückgebliebenen Bacterien für ein sehr gutes erklären, denn die

zurückgebliebenen Keime waren ja nur 1%, der Effect also anscheinend ebensogut, als wenn aus Rohwasser mit 1000 Bacterien Filtrat mit 10 erzeugt wird[1]).

Die Nachfiltration technisch durchführbar zu machen, gibt es nun der Mittel mehrere. Das nächstliegende scheint das zusein, dass die Filter von vornherein in Vor- und Nachfilter getrennt werden, dass man die Vorfilter sämmtlich in eine höhere Terrasse legt, die Nachfilter in eine tiefere Terrasse, und den Höhenunterschied beider Arten von Filtern so gross macht, dass das Wasser der Vorfilter auch bei grosser Druckhöhe noch auf die Nachfilter ablaufen kann, also 1 bis 2 m. Wir werden sehen, dass solche Anlagen wirthschaftlich und hygienisch minderwerthig sind.

Erste Bedingung ist für jede Doppelfiltration, dass jedes Filter mit Sand von solcher Korngrösse gefüllt ist, dass das Filter überhaupt filtrirfähig werden kann. Das Vorfilter mit kiesartigem Material zu füllen und dann zu verlangen, dass es als Filter wirken soll, das sind unvereinbare Dinge. Ausgeführt hat man es allerdings so, aber der Erfolg blieb selbstverständlich aus.

Ist jedes Filtermaterial für sich geeignet, ein Filter in unserem Sinne zu bilden, so ist es gleichgiltig, ob das Vorfilter mit grobem, das Nachfilter mit feinem Sande gefüllt ist: von der Feinheit des Kornes hängt die Filtrirfähigkeit des Filters nicht ab, wenn das Korn überhaupt brauchbar ist, sondern davon, ob das Filter eingearbeitet, verschlammt ist. Ist es das nicht, so kann auch eine feine Sandsorte dem Nachfilter keine genügende Leistungsfähigkeit geben[2]).

---

1) Man liest im Gesundheits-Ingenieur vom 31. December 1898, dass für die Erweiterung der Wasserversorgung von Moskau »amerikanische Unternehmer das Entfernen von 97% der vorhandenen Bacterien aus dem zu reinigenden Wasser gewährleisten«. Also bei einem Hochwasser mit nur 50000 Bacterien im Cubikcentimeter bleiben im Filtrat 1500 Keime pro Cubikcentimeter. Das ist für die Unternehmer recht bequem, aber »Filtration« ist es nicht.

2) Halbertsma, Filteranlagen in den Niederlanden. Journal für Gas- und Wasserfachmänner, 1892, S. 43. Es heisst dort: »Wo zweimalige Filtration (Vor- und Nachfilter) angewandt wird, ist das Vorfilter meistens mit gröberem Flusssand und das Nachfilter mit feinerem Dünensand abgedeckt. Es wird aber dadurch kaum ein den Mehrkosten entsprechender Erfolg erzielt.«

Das Vor- und das Nachfilter muss eine Schlammdecke haben. Vorfiltrirtes Wasser setzt praktisch gar keinen Schlamm ab, jedenfalls nur nach langen, langen Zeiten. Deshalb wird ein Nachfilter, das nur vorfiltrirtes Wasser verarbeitet, immer unzuverlässig sein. Solange das Rohwasser nicht zu schlecht ist, thut das Vorfilter allein seine Pflicht vollauf — denn es ist verschlammt — das Nachfilter hilft nichts, schadet nichts. Und wenn das Vorfilter seine Pflicht nicht voll thut, so hilft das nicht verschlammte Nachfilter auch nichts.[1])

Die zweite Bedingung für erfolgreiche Nachfiltration ist also, dass das Nachfilter vor seiner Benutzung als solches mit Rohwasser, das in der Lage ist, Schlamm abzusetzen, eingearbeitet wird, wie auch Kabrhel in seiner Arbeit sehr richtig angibt.[2])

Also auch ein terrassenartig angelegtes Filterwerk für Doppelfiltration müsste wenigstens so eingerichtet sein, dass in das Nachfilter Rohwasser eingelassen werden kann. Weshalb aber dieser kostspielige Umweg, Vorfilter und Nachfilter zu bauen, wenn man sie ausserdem doch für einfache Filtration einrichten muss?

Man kann die Filter viel einfacher und ohne die enormen Kosten und Filterflächen eines terrassenartig angelegten Werkes aufzuwenden, in die für Nachfiltration geeignete Verfassung bringen. Man hat es nicht nöthig besondere Vorfilter und Nachfilter zu bauen und dann sämmtliche so einzurichten, dass jedes Rohwasser verarbeiten kann. Man legt vielmehr die Filter so an, wie gewöhnlich: alle gleich hoch, oder wenn das Werk für einfache Filtration schon fertig ist, so benutzt man es wie es ist, und zu dieser gewohnten Einrichtung fügt man nur einfache Verbindungsleitungen der Art, dass man die einfachen Filter als Nachfilter oder als Vorfilter benutzen kann oder auch umgekehrt als Vorfilter und als Nachfilter, eins natürlich nach dem andern, aber ganz nach Belieben. Im Bremer

1) Halbertsma und van t'Hoff, Die Resultate der doppelten Filtration zu Schiedam. Journal für Gas- und Wasserfachmänner. 1896.

2) Kabrhel, eine Vorvollkommnung des Filtrationseffectes bei der Centralfiltration. Hygienische Rundschau, 1897, S. 481 ff., spec. S. 485.

Digitized by Google

Filterwerk für Doppelfiltration sind alle Filter gleich hoch angelegt, alle haben eine absperrbare Zuflussleitung für Rohwasser, alle eine absperrbare Abflussleitung für Filtrat zum Reinwasserkeller führend. Das ist ganz so wie bei einem Filterwerke für einfache Filtration und in der That bestand ja das Bremer Werk vor Einführung der Doppelfiltration genau so und genau mit derselben Filterfläche wie heute.[1]) Was dazu gekommen ist, sind nur die Heberleitungen von dem Reinwasserraum eines Filters in den Rohwasserraum eines anderen Filters, durch welche die Filter des ganzen Werkes so unter sich verbunden sind, dass jedes Filter einfaches Filter, Vorfilter und Nachfilter sein kann. Die Heber sind gewöhnlich durch einen geöffneten Hahn mit der Luft in Verbindung, also unter atmosphärischem Drucke. Wasser kann so nicht durch sie hindurch fliessen, da sie an einer Stelle höher liegen als der höchste Wasserspiegel der Filter. Das ist sehr wichtig für die ganze Anlage. Sollen die Heber gebraucht werden, so wird der Lufthahn geschlossen und das Innere des Hebers wird evacuirt, auf irgend eine Weise. Von den vielen der Technik für die Evacuirung zu Gebote stehenden Mitteln benutze ich am liebsten Wasserstrahl-Luftejectoren, ganz kleine Apparate, die durch ein Rohr an die Druckwasserleitung angeschlossen sind und die Heberleitung in wenigen Minuten evacuiren. Der Rohwasserzulauf desjenigen Filters, das als Nachfilter dienen soll, wird natürlich geschlossen, der Reinwasserablauf desjenigen Filters, das als Vorfilter dienen soll, auch geschlossen und damit stellt sich die Druckhöhe zum Ueberfliessen des Filtrats vom Vor- zum Nachfilter, das natürliche Gefälle zum Weitertransport des Vorfiltrates, von selber ein. Während der Dauer des Nachfiltrirens bleibt der Wasserspiegel des Nachfilters soviel niedriger, als zum Hinüberlaufen nöthig ist, was das Filter ohne jeden Schaden vertragen kann, da wir immer wenigstens 1 m, oft aber viel mehr Wasserhöhe über dem Sande haben, zumal wenn wir weniger Sand im

1) Kurth, Erster Bericht über die Thätigkeit des bacteriologischen Instituts zu Bremen, 1893 bis 1897, S. 16.

Filter haben als gerade die höchste Füllung. Nach einer Reinigung kommen in den ersten 4 bis 5 Tagen, die man im äussersten Falle für die Nachfiltration braucht, von der verfügbaren Wasserhöhe von 100 bis 200 cm höchstens 10 bis 20 cm für die Nachfiltration in Frage, also der Wasserspiegel des Nachfilters liegt vorübergehend 10 bis 20 cm tiefer als der des Vorfilters. Das ist so wenig, dass es überhaupt kaum zu merken ist. Der Einfluss der wechselnden Dicke der Sandschichten auf die über dem Sande stehende Wasserschicht würde viel bedeutender sein, wenn davon überhaupt zu reden wäre. Die geschilderte Anlage ist eine der verschiedenen Lösungen, in die mein Patent 84837 gebracht werden kann. An einer andern Stelle würde ich vielleicht eine andere Lösung für günstiger halten, jedenfalls findet man immer eine den örtlichen Verhältnissen entsprechende günstige Anlage, mit der man Vorfiltrat mit natürlichem Gefälle, also ohne Kosten, auf ein anderes Filter, das als Nachfilter dienen soll, transportiren kann.[1]) Mit den geringen Aenderungen, durch das Einbauen weniger Rohrleitungen verleiht man dem früher so schwerfälligen Apparat grosse Anpassungsfähigkeit, gewissermaassen Beweglichkeit. Zu kritischen Zeiten kann man immer die schwächeren Filter den ersten Anprall mit dem beruhigenden Bewusstsein aufnehmen lassen, dass die besseren Filter, die im Augenblick der Gefahr als Nachfilter umgeschaltet wurden, mit Zuverlässigkeit alles leisten, was man von ihnen verlangt. Welche Genugthuung bietet die Arbeit mit der facultativen Doppelfiltration, bei der man die gewonnenen Erfahrungen wirklich nutzbringend verwerthen kann, im Gegensatz zur einfachen Filtration, bei der die Erfahrung nur nachweist, dass dann und wann schlechte Ergebnisse erlangt werden, aber »unabwendbar«.

Durch den Wechselbetrieb der Filter als einfache, Vor- und Nachfilter und dadurch, dass das Wasser mit natürlichem Gefälle auf die Nachfilter fliesst, entstehen recht beträchtliche Ersparnisse im Betrieb. Ich führe die in Bremen erzielten auf, wennschon

1) Am einfachsten gestaltet sich die Anlage bei Werken für Enteisenung von Grundwasser, denen Nachfiltration nach Auffüllungen und Reinigungen zwar nicht aus hygienischen Gründen, aber sonst sehr nützlich ist.

die Vortheile des Systems auch ohne das bedeutend genug sind, dass man diesen in »baar« zu berechnenden Erfolg missen könnte. Das Bremer Wasserwerk, dem die Einrichtung für Doppelfiltration 5000 Mark kostete, hat durch die Doppelfiltration gegen das Jahr 1893/94 gespart:

Im Jahre 1895/96 während der definitiven Einführung 6 500 Mark
» » 1896/97 nach der Einführung . . . . . 19 000 »
» » 1897/98 » » » . . . . . 14 000 »

bei jährlichen Wasserabgaben von 4,6; 4,9 und 5,3 Mill. cbm, das sind in Procenten der sonst nöthigen Betriebsausgaben für Pump- und Filtrirbetrieb:

Im Jahre der Einführung 1895/96 . . 7,5%
Im Jahre nach der Einführung 1896/97 . 20 »
» » » » » 1897/98 . 14 ».

Es erübrigen nur noch wenige Worte über die erforderliche Grösse der Filterfläche im Anschluss an die oben gemachte Angabe, dass Bremen die Doppelfiltration mit genau der gleich grossen Filterfläche durchführt, wie sie für die Einfachfiltration berechnet ist.

Für die einfache Filtration muss die Filterfläche mit der für zulässig erachteten Filtergeschwindigkeit (meist 100 mm pro Stunde) für die stärkste, gewöhnlich im Sommer auftretende Wasserabgabe pro 24 Stunden berechnet werden. Zu der ausgerechneten Fläche treten als Reserve, je nach der Häufigkeit der bei stärkster Wasserabgabe nöthigen Reinigungen, zwei oder mehr Filter von gleicher Grösse wie die Einzelfilter. Die für Einarbeiten der Filter nothwendige Zeit ist dabei zu berücksichtigen.

Will man nach meinem System Doppelfiltration lediglich nach Reinigungen und Auffüllungen anwenden, was in vielen Fällen genügen wird, so ist die nothwendige Filterfläche genau die gleiche, wie soeben angegeben. Hat man Hochwässer zu verarbeiten, die die Filter so schlimm beeinflussen, dass es nicht genügt, nur die kürzlich gereinigten Filter nachzufiltriren, dass man vielmehr sämmtliches für die Abgabe bestimmtes Wasser doppelt filtrirt wissen will, so hat man nicht nur die im Jahre

vorkommende Maximalabgabe für 24 Stunden für einfache Filtration, sondern auch die Maximalabgabe zur Zeit der Häufigkeit gefährlicher Hochwässer — Frühjahr und Herbst —, die bedeutend kleiner ist als die absolut grösste Abgabe für 24 Stunden, in Betracht zu ziehen, beide Rechnungen auszuführen und die grösste sich ergebende Filterfläche anzulegen. Man braucht für vorübergehende Doppelfiltration keine Reservefilterfläche. Für die Nachfiltration kann man grössere Filtergeschwindigkeit anwenden. Auf keinen Fall kommt man dabei zur doppelten sonst nöthigen Filterfläche, vielmehr wird man allgemein, wie Bremen beweist, mit derselben Filterfläche auch für Doppelfiltration bei Hochwasser auskommen. Die Filterfläche, die für Bremen im Jahre 1893 für einfache Filtration für erforderlich erachtet wurde, reicht noch heute — 1899 — reichlich für die facultative Doppelfiltration aus.

Nehmen wir ungünstige Verhältnisse an, so ist das äusserste für Doppelfiltration Aufzuwendende der Bau von 1 bis 2 Filtern mehr, als für einfache Filtration nöthig ist, und die hat man für eine Summe, die vielerorts für zweifelhafte Vorarbeiten für Grundwassergewinnung fortgeworfen wird.

Wir fassen die Haupt-Vortheile des geschilderten Verfahrens für Nachfiltration zusammen und finden:

1. Den directen hygienischen Erfolg beim Nachfilter nach Reinigungen und Sandauffüllungen und bei Hochwasser, bestehend in der Erzeugung von einwandfreiem Filtrat.
2. Den pecuniären Gewinn der nach Reinigungen und Auffüllungen angewendeten Nachfiltration, indem das auf die Höhe der Filter gehobene Wasser, das das Vorfilter zudem mit seinem gröbsten Schlamme belastet hat, nicht unbenutzt abgelassen werden muss, sondern nutzbar gemacht wird.
3. Die Möglichkeit, das erste Filtrat nach Reinigungen länger unbenutzt zu lassen, als wenn man es ablaufen liesse, weil Kosten nicht dadurch entstehen. Lässt man das Filtrat ablaufen, so wird man es, um die Kosten zu sparen, so wenig Zeit ablaufen lassen, als man irgend

verantworten kann. Aus dieser Rücksicht kommen Fälle zu Stande, in denen das Filtrat kaum 24 Stunden abgelassen wird, eine Zeit, die nach einer einfachen Ueberlegung wegen der üblichen geringen Anfangs-Filtergeschwindigkeit kaum genügt, auch nur das von unten in das Filter hineingelassene gute Filtrat wieder abzulassen.

4. Die Möglichkeit, das Filtrat eines Filters, das mitten in der Periode unerwartet eine hohe Keimzahl aufweist, von dem für die Versorgung bestimmten Filtrat abzuschliessen, ohne dass die Filterthätigkeit des verdächtigen Filters gestört oder unterbrochen wird und ohne dass Filtrat abgelassen wird, das inzwischen vielleicht wieder ganz einwandfrei ist.
5. Von zwei Filterwerken, von denen das eine besseres, das andere schlechteres Rohwasser verarbeitet, ist das erstere sicher von Anfang an im Vortheil. Da nun für die Versorgung nur die Filter in Frage kommen, die ihr Wasser direct an den Reinwasserkeller abgeben, so dienen bei der Doppelfiltration die Vorfilter nur dazu, besseres Rohwasser zu erzeugen; das in den Nachfiltern verarbeitete Wasser ist für die Beurtheilung der voraussichtlichen qualitativen Arbeit des Werkes maassgebend. Durch die facultative Doppelfiltration wird die durchschnittliche Qualität des zu Trinkwasser verarbeiteten Rohwassers gehoben.
6. Durch die facultative Nachfiltration, also durch die zeitweilige Verwendung jedes Filters als Nachfilter werden die Filterperioden verlängert. In der Zeit, wo das Filter als Nachfilter dient, verschlammt es nicht, weil der eigentliche Schlamm im Vorfilter bleibt. Da nun jede Reinigung einen schädlichen Eingriff in die Filterthätigkeit bedeutet, so ist die durch Nachfiltration herbeigeführte Verlängerung der Filterperiode, das Hinausschieben der Reinigungen von sehr grossem, unberechenbaren Werth. Infolge der facultativen Nachfiltration verringert sich die Zahl der Gelegenheiten zur Nachfiltration.

Die durchschnittliche Betriebszeit zwischen zwei Reinigungen betrug in Bremen:

Vor Einführung der Doppelfiltration:	1892/93	15	Tage
	1893/94	11	»
	1894/95	15	»
(Im Jahre der Einführung der Doppelfiltr.:	1895/96	27	»)
Nach Einführung der Doppelfiltration:	1896/97	35	»
	1897/98	34	»

Die durchschnittliche Betriebszeit der Filter nahm also infolge der Doppelfiltration um ca. 150 bis 200% zu, die schädlichen Reinigungen wurden also entsprechend weniger, die früher jährlich nothwendigen Auffüllungen sind nur noch alle 2 bis 3 Jahre nöthig: das sind hygienische Vortheile von ganz enormer Tragweite.

Nach diesen Betrachtungen mehr allgemeiner Art will ich noch einen concreten Fall darstellen, wie er sich jüngst in dem Bremer Betriebe abspielte. Es handelt sich um Doppelfiltration sämmtlichen an die Stadt abgegebenen Wassers. Dass es weit schwieriger ist, hierbei vollen Erfolg zu erzielen, als in den vereinzelten Fällen einer Filterreinigung oder Sandauffüllung, wird ja keines Beweises bedürfen: wenn die unvollkommene Arbeit eines Vorfilters an seinem ungenügenden Zustand liegt, während alle anderen Filter das Rohwasser einwandfrei verarbeiten, so wird das zu jenem Vorfilter gehörige Nachfilter das minderwerthige Vorfiltrat selbstverständlich gut verarbeiten können.

Viel schwieriger ist die Lage, wenn das Rohwasser so schlechte Beschaffenheit hat, dass alle Filter ohne einen anderen Grund Leistungen aufweisen, die unter den gewohnten stehen. Mitte December 1898 filtrirte das Filterwerk Rohwasser mit zwischen 1000 und 2000 Keimen im Cubikcentimeter mit dem üblichen, zweifellos guten Erfolge. Nachdem in der zweiten Hälfte des Monats einige Tage mit reichlichen Niederschlägen zu verzeichnen gewesen, ging der Klarheitsgrad des Rohwassers am 22. XII. 98 vormittags von den 43 cm des Vortages auf 18 herab, das Weserwasser nahm hochwasserartigen Charakter an, obwohl der Wasserstand des Flusses fallende, nicht steigende

Tendenz hatte. Das schroffe Abfallen des Klarheitsgrades war genug warnendes Anzeichen für hohen Keimgehalt des Rohwassers. Deshalb wurden die Filter 1, 2, 4, 6, 8 und 12 zu Nachfiltern bestimmt, ihr Rohwasserzulauf also zugesperrt, damit ihr Wasserspiegel sich soweit absenkte, wie wegen der Druckhöhe des vorgesehenen Vorfilters und wegen des Gefälleverlustes des Hebers nöthig war. Dann wurden die Heber angesaugt und das Filtrat der zu Vorfiltern bestimmten Filter lief nach Absperren der in Frage kommenden Schieber nicht mehr in den Reinwasserkeller, sondern in den Rohwasserraum des zugehörigen Nachfilters, ohne dass an den Filtergeschwindigkeiten der Filter sich durch das Umstellen irgend etwas änderte. Nach dem Umstellen mussten natürlich die Filtergeschwindigkeiten der Nachfilter erhöht werden, was, wie üblich, ganz langsam ausgeführt wurde.

Die Nothwendigkeit dieser Maassregel und ihren Erfolg zeigen die Tabellen III bis V und das Diagramm.

Tabelle III.

Klarheitsgrade des Rohwassers bei der hochwasserartigen Aenderung Ende December 1898 bis Anfang Januar 1899.

Tag der Untersuchung	Klarheitsgrad des Rohwassers	
	vor der Klärung	nach der Klärung
11. XII. 1898	50	54
12. XII. 1898	52	65
13. XII. 1898	52	64
14. XII. 1898	52	60
15. XII. 1898	45	60
16. XII. 1898	45	60
17. XII. 1898	48	58
18. XII. 1898	47	53
19. XII. 1898	38	53
20. XII. 1898	40	58
21. XII. 1898	43	56
22. XII. 1898 vormittags . .	18	40

Das Werk wurde am 22. mittags für Doppelfiltration umgestellt.

Tag der Untersuchung	Klarheitsgrad des Rohwassers	
	vor der Klärung	nach der Klärung
22. XII. 1898 nachmittags . .	14	26
23. XII. 1898 vormittags . .	11	25
nachmittags . .	11	20
24. XII. 1898 vormittags . .	12	19
nachmittags . .	16	21
25. XII. 1898 vormittags . .	20	25
nachmittags . .	21	27
26. XII. 1898 vormittags . .	23	28
nachmittags . .	22	27
27. XII. 1898 vormittags . .	26	27
nachmittags . .	24	27
28. XII. 1898	30	37
29. XII. 1898	31	41
30. XII. 1898	33	41
Die Doppelfiltration wurde unterbrochen.		
31. XII. 1898	41	60
1. I. 1899	50	62
2. I. 1899	44	53
3. I. 1899	43	50
4. I. 1899	37	61
5. I. 1899	31	55

Tabelle IV.

Bacterien im Cubikcentimeter des Rohwassers bei der hochwasserartigen Aenderung Ende December 1898 bis Anfang Januar 1899.

Tag der Probeentnahme und Untersuchungsstelle	Bacterien im Cubikcentimeter des Rohwassers	
	vor der Klärung	nach der Klärung
12. XII. 1898 Wasserwerk	1 625	2 000
15. XII. 1898 Bacteriologisches Institut	1 680	1 180
19. XII. 1898 Wasserwerk	6 750	3 000
22. XII. 1898 Bacteriologisches Institut	41 600	11 320
23. XII. 1898 Wasserwerk	23 400	18 000
24. XII. 1898 Wasserwerk	16 300	14 900
26. XII. 1898 Wasserwerk	16 200	10 900
27. XII. 1898 Wasserwerk	7 400	3 400
29. XII. 1898 Bacteriologisches Institut	12 960	9 600
30. XII. 1898 Wasserwerk	4 250	4 800
2. I. 1899 Wasserwerk	7 040	4 340
5. I. 1899 Bacteriologisches Institut	5 920	4 320

Tabelle V.

Bacterien in Cubikcentimeter des Filtrats bei der hochwasserartigen Aenderung Ende December 1898 bis Anfangs Januar 1899.

Tag der Probeentnahme und Untersuchungsstelle	Bacterien im Cubikcentimeter des Filtrats der Filter Nr.												Mittel sämmtlich. Filter
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Allgemeine einfache Filtration.													
12. XII. 1898 Wasserwerk	49	11	59	50	50	15	18	93	22	11	15	5	**32**
15. XII. 1898 Bact. Inst.	45	14	56	42	28	23	16	70	23	18	22	9	**30**
19. XII. 1898 Wasserwerk	39	18	114	47	Reinig.	25	19	82	36	10	17	42	**39**

Am 22. XII. Umstellung zur Doppelfiltration.

	Bacterien im Cubikcentimeter des Vorfiltrats der Filter Nr.						Mittel der Vorfilter
	3	5	7	9	10	11	
22. XII. 1898 Bact. Inst.	132	**136**	27	94	17	27	**69**
23. XII. 1898 Wasserwerk	155	175	45	**255**	70	155	**149**
24. XII. 1898 Wasserwerk	225	765	310	**925**	—	620	**630**
26. XII. 1898 Wasserwerk	230	290	110	**335**	115	165	**214**
27. XII. 1898 Wasserwerk	**330**	235	—	255	100	130	**203**
29. XII. 1898 Bact. Inst.	93	**276**	44	244	130	148	**166**
30. XII. 1898 Wasserwerk	**94**	86	9	**108**	40	38	**63**

	Bacterien im Cubikcentimeter des Nachfiltrats der Filter Nr.						Mittel der Nachfilter
	1	2	4	6	8	12	
22. XII. 1898 Bact. Inst.	26	22	88	192	37	6	**48**
23. XII. 1898 Wasserwerk	34	14	66	32	47	17	**37**
24. XII. 1898 Wasserwerk	21	12	31	40	64	21	**34**
26. XII. 1898 Wasserwerk	28	24	75	13	—	22	**33**
27. XII. 1898 Wasserwerk	28	12	75	19	86	9	**41**
29. XII. 1898 Bact. Inst.	27	16	14	42	—	35	**40**
30. XII. 1898 Wasserwerk	17	13	50	13	58	13	**30**

Am 31. XII. Umstellung zur allgemeinen einfachen Filtration.

	Bacterien im Cubikcentimeter des Filtrats der Filter Nr.												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2. I. 1899 Wasserwerk .	28	6	101	40	43	21	Vorfilter	82	Vorfilter	32	26	29	**44**
5. I. 1899 Bact. Institut	22	—	56	134	60	21	14	90	68	Vorfilter	14	Reinig.	**45**

Trübungen des Rohwassers vor und nach der Klärung.
Bacterien in ccm des Rohwassers vor und nach der Klärung.
Bacterien in ccm des Vorfiltrates.
Bacterien in Reinwasser
Dezember 1898 Januar 99
Maximum
Minimum (Null)
Maximum
Minimum (Null)
40000
38000
36000
34000
32000
30000
28000
26000
24000
22000
20000
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
200
100
0
Dezember 1898. Januar 99

Der Klarheitsgrad des Rohwassers fiel noch am Nachmittag desselben Tages auf 14, am folgenden Tage auf 11 und entsprechend stieg die Keimzahl des Rohwassers von 6750 am 19. December, auf 41600 am 22. December.

Sämmtliche Vorfilter weisen hohe Zahlen auf bis zu 925 Bacterien im Cubiccentimeter und 630 im Mittel. Das wären die Keimzahlen des an die Stadt abzugebenden Reinwassers bei Einfachfiltration gewesen.

In Wirklichkeit ging die Keimsteigerung des Rohwassers am Reinwasser spurlos vorüber. Die Vorfilter nahmen den »Stoss« auf wie »Puffer«, infolge ihrer Zwischenschaltung ist der Keimgehalt des Reinwassers vor der Keimsteigerung, während der Steigerung und danach ganz gleichmässig derselbe zwischen etwa 30 und 50, was man praktisch als constant bezeichnen muss.

Das Diagramm dürfte deutlich genug sein. Ich hebe nur hervor, dass ich, wie auch früher, Doppelfiltrat durch Doppellinie, Einfachfiltrat durch Einfachlinie dargestellt habe. Interessant ist im Diagramm der Parallelismus zwischen Trübungen und Bacterien des Rohwassers, der Parallelismus zwischen Bacterien des Rohwassers und Bacterien des Vorfiltrates und die absolute Unabhängigkeit des als einwandfrei in den Reinwasserkeller abgelassenen Filtrates, die durch den schon oben hervorgehobenen Parallelismus zur Nulllinie gekennzeichnet ist.

Ich nehme an, dass das wiedergegebene Material noch besondern Werth dadurch hat, dass die bacteriologischen Untersuchungen, wie in den Tabellen angegeben, abwechselnd vom bacteriologischen Institut Bremen und vom Wasserwerk stammen und ich verfehle nicht, dem Director des bacteriologischen Instituts, Herrn Dr. med. Kurth, auch an dieser Stelle meinen besten Dank für die Erlaubnis auszusprechen, auch die von ihm gewonnenen Resultate hier veröffentlichen zu dürfen.

Ueber die Bacterien in besprengtem und nichtbesprengtem Strassenstaub.

Von

Dr. **Teïsi Mazuschita.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Freiburg i. B.)

Die Entscheidung der Frage, ob im gesundheitlichen Interesse im Sommer die Strassen der Städte besprengt werden sollen oder nicht, gewinnt mehr und mehr an Bedeutung und ist bisher noch nicht völlig entschieden.

Der Zweck einer Strassenbesprengung während der heissen Jahreszeit ist der, dass man den lästigen und bedingungsweise gesundheitsschädlichen Staub zu beseitigen oder wenigstens durch die Befeuchtung zu fixiren wünscht, und dass ausserdem durch die Verdunstung des versprengten Wassers ein höherer Feuchtigkeitsgehalt der Luft und eine, wenn auch nur mässige Abkühlung derselben erhofft wird.

Demgegenüber kann vom bacteriologischen Standpunkt aus der Einwand gemacht werden, dass die durch das Sonnenlicht und das Austrocknen dem Untergang entgegengehenden niederen Organismen durch das Besprengen mit Wasser neue Lebenskraft erhalten, dem Absterben entgehen und sich sogar vermehren könnten.

Damit wäre dann der zu beseitigende sanitäre Missstand, nämlich die Zerstörung der gesundheitsschädlichen Eigenschaften des Strassenstaubes nicht erreicht, sondern im Gegentheil würden gerade diejenigen Bestandtheile des Strassenstaubes, welche man

Digitized by Google

in erster Linie zu beseitigen hätte, in ihrer Existenz noch begünstigt und direct vermehrt.

Es wird ferner die häufig zu beobachtende Thatsache hervorgehoben, dass durch das Besprengen der Strassen zunächst mächtige Staubwolken emporgewirbelt werden, und dass dadurch der sonst am Boden liegende Staub mit den Athmungsorganen der Vorübergehenden in Berührung gebracht wird. Andererseits kann sich wohl Niemand des wohlthuenden Eindrucks erwehren, welchen man zur heissen, trockenen Jahreszeit beim Ueberschreiten einer kurz zuvor gut besprengten Strasse empfindet, und ist es ja auch keineswegs zu leugnen, dass, solange der Strassendamm wirklich nass bleibt, die Luft in der betreffenden Gegend zweifellos reiner und auch rücksichtlich der übrigen physikalischen Factoren gesundheitlich zuträglicher ist, als die trockene, staubige, überhitzte Luft der nicht besprengten Strassen.

Um die Frage nach ihrer bacteriologischen Seite hin ihrer Lösung näher zu bringen, benutzte ich daher mit Interesse die mir im hygienischen Institut der Universität Freiburg gebotene Gelegenheit, bacteriologische Untersuchungen anzustellen über den Keimgehalt besprengter und nicht besprengter Strassen.

Durch die Lage des hygienischen Instituts an der Grenze der inneren Stadt wurden gerade diese Untersuchungen erleichtert, indem die regelmässig besprengte Strassenzone mit den südlich vom Institut gelegenen Strassenzügen etwa abschliesst, und die nördlich des Instituts gelegenen Strassen für gewöhnlich nicht besprengt werden. Es konnten mithin zu den jeweils anzustellenden Untersuchungen unter sonst ganz gleichen äusseren Bedingungen die verschiedenen Sorten des Strassenstaubes gesammelt werden und wurden dieselben demnächst unter ganz gleichmässigen Bedingungen einer genauen quantitativen und qualitativen bacteriologischen Untersuchung unterzogen.

Es möge mir gestattet sein, im Folgenden zunächst die Untersuchungsmethode, hierauf die Resultate der einzelnen Untersuchungen anzuführen und im Anschluss daran in einem besonderen Abschnitt die bis jetzt noch nicht beschriebenen, bei den

Untersuchungen gefundenen neuen Arten zu schildern; hierauf möge eine tabellarische Uebersicht über die Anzahl, sowie die verschiedenen Arten der bei den Untersuchungen gefundenen Bacterien folgen, und zum Schlusse sollen die aus derselben ersichtlichen Resultate zusammengefasst und aus diesen die praktisch wichtigen Schlüsse gezogen werden.

I. Untersuchungsmethode.

Ich brachte 1 oder $^1/_2$ g frisch entnommenen Staubes in einen mit 1 l sterilisirten Wassers gefüllten Glaskolben und entnahm mit einer sterilisirten Pipette nach sorgfältigem Schütteln der Mischung 1, $^1/_2$, $^1/_4$ und $^1/_8$ ccm, die ich verflüssigter, sterilisirter, in Reagenzgläschen abgefüllter Nährgelatine zusetzte.

Hiervon goss ich Platten, auf denen sich nach 2 bis 3 Tagen Colonien entwickelten, die ich mit blossem Auge und mikroskopisch untersuchte und auf verschiedene Nährböden, sowie Mäuse und Meerschweinchen überimpfte; die Züchtung erfolgte stets bei Luftzutritt und Zimmertemperatur. Bei allen Untersuchungen fanden sich die gewöhnlichen Schimmelpilze und Hefearten und sind dieselben daher nicht mehr besonders erwähnt (cf. Abschnitt IV in Tabelle V).

II. Resultate der einzelnen Untersuchungen.

I. Untersuchung von besprengtem Staub aus der Albertstrasse; 27. Juni 1898.

Nachdem es 2 Tage vorher zuweilen geregnet hatte, trat am Tage der Untersuchung schönes Wetter ein, sodass ich den Staub dem im Sonnenschein nach 4 Stunden ziemlich gut getrockneten Boden entnehmen konnte.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,001 g	1981
2.	0,0005 »	1031
3.	0,00025 »	627
4.	0,000125 »	154.

Digitized by Google

B. Bacterienarten.

Nach der oben angegebenen Methode fand ich folgende 25 Bacterienarten:

1. Micrococcus candicans, 2. M. Cuteus, 3. Porzellancoccus, 4. M. coronatus, 5. M. viticulosus, 6. Staphylococcus cereus albus, 7. M. candidus, 8. M. rosettaceus, 9. M. sulfureus, 10. M. rubefaciens (vgl. III. Abschnitt), 11. Staphylococcus pyogenes citreus, 12. Bacillus mycoides (Wurzelbacillus).

Ueber die Eigenbewegung des Wurzelbacillus sind die Ansichten der Autoren verschieden, indem die einen deutliche Eigenbewegung angeben, während dieselbe nach anderen Autoren fehlt.

Ich selbst beobachtete keine Eigenbewegung.

13. B. erythrogenes, 14. B. ochroceus, 14. R. helvolus, 16. B. disciformans, 17. Gelber Bacillus, 18. B. fulvus, 19. B. arborosceus, 20. B. aërophilus, 21. B. nubilus, 22. B. turcosa, 23. B. aquatilis.

24. B. pyocyaneus. Nach Lehmann soll der B. pyocyaneus sich nach Gram färben und Milch coaguliren, während der B. fluorescens weder die Gram'sche Färbung annimmt, noch Milch zur Gerinnung bringt.

Meine Untersuchungen weichen hiervon ab, stimmen dagegen mit denjenigen Flügge's und Günther's sowie Růžičkas*) überein, nach welchen Autoren beide Bacillen sich nach Gram entfärben und Milch nicht coaguliren.

Der Nachweis des Bacillus pyocyaneus gelang bisher bestimmt nur im Organismus, während er ausserhalb desselben noch nicht gefunden worden sein soll.

25. Theebraunfarbener Bacillus (vgl. III. Abschnitt).

II. Untersuchung von nichtbesprengtem Staub aus der Lehenerstrasse; 13. Juli 1898.

Wetterbericht:

Am 10. Juli schönes Wetter,
» 11. » andauernder Regen,
» 12. » bedeckter Himmel ohne Regen,
» 13. » Sonnenschein.

Am 13. Juli nachmittags 2 Uhr wurde der im Sonnenschein vollständig getrockneten Strasse der Staub entnommen.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,001 g	2363
2.	0,00025 »	207
3.	0,000125 »	133
4.	0,0000625 »	125.

*) Archiv für Hygiene, Bd. 34, S. 149, 1898.

B. Bacterien.

Bei den Untersuchungen fanden sich folgende 13 Arten:

1. M. candicans, 2. M. coronatus, 3. M. rosettaceus, 4. M. concentricus, 5. M. radiatus, 6. M. crêmoides, 7. B. mycoides, 8. B. subtilis (Heubacillus), 9. B. mesentericus vulgatus (Kartoffelbacillus), 10. B. implexus, 11. B. mucosus, 12. B. lactis albus, 13. B. megatherium simulans (vgl. III. Abschnitt).

III. Untersuchung von besprengtem Staub aus der Bismarckstrasse; 18. Juli 1898.

Am 13. Juli abends Regen; vom 14. bis zum 18. Juli trockenes, warmes Wetter.

Am 18. Juli wurde der Staub in der Bismarckstrasse geholt und untersucht.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1. und 4. wurden durch die Wärme verflüssigt.		
2.	0,00025 g	12
3.	0,000125 »	8.

B. Bacterien.

Im Ganzen fand ich bei dieser Untersuchung nur folgende 5 Arten:

1. M. crêmoides, 2. M. rosettaceus, 3. M. coralloides, 4. Staphylococcus pyogenes albus, 4. Proteus mirabilis.

IV. Untersuchung von nichtbesprengtem Staub, der von dem Verbindungswege zwischen Hebel- und Albertstrasse stammt; 18. Juli 1898.

Der Weg liegt zwischen dem 2 m breiten Gewerbekanal und einer Wiese, sodass er wegen der aufsteigenden Wasserdünste nie so trocken wird, wie die Strassen der Stadt; besprengt wird er überhaupt nicht.

Betreffs des sonstigen Wetterzustandes vgl. III. Untersuchung.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,0005 g	139
2.	0,00025 »	47
3.	0,000125 »	14.
4. wurde durch die Wärme verflüssigt.		

B. Bacterienarten.

1. Staphylococcus pyogenes albus, 2. B. subtilis, 3. Kartoffelbacillus, 4. Wurzelbacillus, 5. B. nubilis, 6. B. vermicularis, 7. B. liquidus, 8. B. megatherius, 9. B. vulgaris Hauser, 10. B. albus liquefaciens (vgl. III. Abschnitt).

Digitized by Google

V. Untersuchung von unbesprengtem Staub aus der Albertstrasse; 3. August 1898.

Am 30. Juli Gewitter,
» 31. » bedeckter Himmel,
» 1. bis 3. August Sonnenschein.

Um $^1/_2$3 Uhr wurde der Staub von einem Theil der Albertstrasse geholt, der niemals besprengt wird.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,001 g	2091
2.	0,0005 »	931
3.	0,00025 »	369
4.	0,000125 »	278
5.	0,0000625 »	92.

B. Bacterienarten.

1. M. candicans, 2. M. concentricus, 3. M. candidus, 4. M. rosettaceus, 5. M. sulfureus, 6. M. viticulosus, 7. Staphylococcus pyogenes aureus, 8. Streptococcus cinereus, 9. Oospora chromogenes, 10. B. subtilis, 11. B. mesentericus vulgatus, 12. B. ochroceus, 13. B. aquatilis, 14. B. pyocyaneus, 15. Der gelbe Bacillus, 16. B. crêmoides, 17. B. candicans, 18. B. aureus liquefaciens (vgl. III. Abschnitt), 9. B. putuitosus (vgl. III. Abschnitt).

VI. Untersuchung von besprengtem Staub aus der Bismarckstrasse; 3. August 1898.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,0005 g	725
2.	0,00025 »	481
3.	0,000125 »	322
4.	0,0000625 »	181.

B. Bacterienarten.

1. M. candicans, 2. M. cereus albus, 3. M. concentricus, 4. M. radiatus, 5. M. rosettaceus, 6. Porzellancoccus, 7. Staph. pyogenes aureus, 8. M. roseus, 9. M. citreus liquefaciens, 10. Heubacillus, 11. Wurzelbacillus. 12. Kartoffelbacillus, 13. B. nubilus, 14 B. erythrogenes, 15. B aquatilis, 16. B. aërophilus, 17. B. implexus.

VII. Untersuchung von besprengtem Staub aus der Rheinstrasse; 13. August 1898.

Am 6. August schönes Wetter,
» 7. » Regen,
» 8. bis 13. August stets schönes, trockenes Wetter.

Am 13. August Untersuchung des aus der Rhein- und Sautierstrasse stammenden Staubes.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1. 2.	wurden durch die hohe Zimmertemperatur verflüssigt.	
3.	0,000125 g	29
4.	0,0000625 »	8.

B. Bacterienarten.

1. M. candicans, 2. M. concentricus, 3. B. aërophilus simulans, 4. B. subtilis, 5. B. cuticularis.

Tils hat den Bacillus cuticularis schon im Wasser gefunden. Nach demselben Autor hat er nur geringe Eigenbewegung, während ich ihn sehr lebhaft eigenbeweglich fand.

VIII. Untersuchung von nichtbesprengtem Staub aus der Sautierstrasse; 13. August 1898.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,0005 g	76
2.	0,00025 »	38
3.	0,000125 »	7
4.	0,0000625 »	5.

B. Bacterienarten.

1. M. candicans, 2. Staph. pyogenes albus, 3. Heubacillus, 4. Wurzelbacillus, 5. Kartoffelbacillus, 6. B. aquatilis, 7. B. candicans, 8. B. megatherium, 9. B. albus, 10. B. radiatus aquatilis.

Nach Zimmermann besitzt der Bacillus radiatus aquatilis geringe Eigenbewegung, während ihm dieselbe nach Flügge fehlt; ich fand bei ihm nur Molecularbewegung; derselbe wurde schon im Wasser nachgewiesen.

11. B. citreus, 12. B. ramosus liquefaciens.

Von Prausnitz wurde dieser B. ramosus liquefaciens als Verunreinigung gefunden, jedoch nicht genauer untersucht.

Es seien daher seine Eigenschaften in Folgendem beschrieben:

Ziemlich grosse, leicht gekrümmte, an den Enden abgerundete, aërobe Bacillen mit granulirtem Zellinhalt; sie sind $1^1/_2$ bis 2mal so lang als breit, wachsen zu ziemlich langen Fäden aus, bilden Sporen, besitzen langsame Eigenbewegung und färben sich gut oder mangelhaft nach Gram.

Sowohl bei 35° C. als bei Zimmertemperatur ziemlich üppiges Wachsthum.

Auf der Gelatineplatte nach 20 Stunden bei schwacher Vergrösserung landkartenartige, gelblichweisse Colonien mit haarlockenartiger Zeichnung, welche die Gelatine nicht verflüssigen; nach 2 Tagen 1,5 mm grosse, weissliche, die Gelatine verflüssigende Colonien, die bei schwacher Vergrösserung eine landkartenförmige Gestalt zeigen, in der Mitte gelblich und am Rande helldurchsichtig aussehen; nach 3 Tagen schon 3 bis 5 mm grosse Colonien, die bei schwacher Vergrösserung in der Mitte aus einer grünlich gefärbten, undurchsichtigen, wolkigen Bacterienmasse bestehen, während der Rand helldurchsichtig ist und deutliche Vereinigung der Bacterien zu Fäden erkennen lässt; der Rand der Gelatineverflüssigungszone ist rund.

In der Gelatinestichcultur nach einem Tage sehr kleine, nach 3 Tagen 7 mm grosse Colonien, welche die Gelatine trichterförmig verflüssigen, nach 5 Tagen einen Durchmesser von 12 mm erreichen und nach 8 bis 10 Tagen die Gelatine bis zur Glaswand verflüssigen, wobei sich ein weisses Häutchen und weisser Bodensatz bildet. Im Stichkanal Bildung von nach der Tiefe hin immer kürzer werdenden, nach allen Seiten gerichteten Strahlen.

In Glycerinagarstichcultur nach 2 Tagen saftig glänzender, glatter rundlicher, weisser Belag mit wenigen Strahlen im Stichkanal.

Auf Glycerinagarstrichcultur bei Zimmertemperatur nach 2 Tagen 2 bis 4 mm breiter, dünner, saftiger, weisslicher Belag mit sehr zackigem Rand; Condenswasser klar mit weissem Bodensatz; bei 35° C. nach einem Tage über die ganze Fläche ausgedehnter Belag.

Bouillon, besonders in der obersten Schicht, wenig getrübt mit geringem Bodensatz; Indolbildung vorhanden.

Traubenzuckerbouillon verhält sich wie einfache Bouilloncultur; keine Gas- und Schwefelwasserstoffbildung.

Auf Kartoffeln dünne, saftige, glänzende, ziemlich ausgebreitete, gelbliche Auflagerung nebst brauner Verfärbung des Nährbodens.

Blutserumstrichcultur wird nach 4 Tagen mässig verflüssigt.

Milch wird nach 8 Tagen fest coagulirt; Reaction sauer.

Die Gelatinestichcultur des B. ramosus liquefaciens besitzt mit der des B. mycoides einige Aehnlichkeit, während die Agarstrichculturen beider verschieden sind.

IX. Untersuchung von unbesprengtem Staub aus der Sautierstrasse; 18. August 1898.

Vom 8. bis 18. August stets schönes Wetter; am 18. wurde der von der Sautier- und Hebelstrasse stammende Staub untersucht.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,0005 g	43
2.	0,00025 »	19
3. durch die Wärme verflüssigt.		
4.	0,0000625 »	3.

B. Bacterien.

Bei dieser Untersuchung fand ich 11 verschiedene Arten:

1. M. candicans, 2. M. coronatus, 3. M. rosettaceus, 4. B. mycoides, 5. B. mesentericus vulgatus, 6. B. implexus, 7. B. pyocyaneus, 8. B. diffusus, 9. B. fluorescens liquefaciens.

X. Untersuchung von besprengtem Staub aus der Hebelstrasse; 18. August 1898.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,0005 g	153
2. } 3. }	durch die Wärme verflüssigt,	
4.	0,0000625 g	16.

B. Bacterienarten.

1. M. candicans, 2. M. luteus, 3. B. diffusus.

Da die Nährböden durch Schimmelpilze verunreinigt wurden, gelang es nur diese 3 Arten in Reincultur zu züchten.

XI. Untersuchung von besprengtem Staub aus der Johanniterstrasse; 23. August 1898.

Vom 8. bis 23. August stets schönes Wetter.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,0005 g	42
2.	0,00025 »	32
3.	0,000125 »	10
4. durch die Wärme verflüssigt.		

B. Bacterienarten.

1. M. candidus, 2. M. coronatus, 3. M. sulphureus, 4. M. rubefaciens, 5. Staph. pyogenes albus, 6. B. subtilis, 7. B. mesentericus vulgatus, 8. B. implexus, 9. B. aërophilus simulans (vgl. III. Abschnitt), 10. B. pseudobutyricus (vgl. III. Abschnitt).

XII. Untersuchung von nichtbesprengtem Staub aus der Bismarckstrasse; 23. August 1898.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0.001 g	33
2.	0,0005 »	22
3.	0,00025 »	12
4.	0,000125 »	3.

B. Bacterienarten.

1. M. candicans, 2. M. rosettaceus, 3. M. sulfureus, 4. Porzellancoccus, 5. Staph. pyogenes aureus, 6. Staph. pyogenes citreus, 7. B. subtilis, 8. B. megatherium, 9. Kartoffelbacillus, 10. B. liquefaciens pathogenes (vgl. III. Abschnitt), 11. Oospora chromogenes.

XIII. Untersuchung von unbesprengtem Staub aus der Sautierstrasse; 27. August 1898.

Am 24. und 25. August je einmal Regen; am 26. August bedeckter Himmel; am 27. schönes Wetter.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,0005 g	215
2.	0,00025 »	153
3.	0,000125 »	72
4.	0,0000625 »	9.

B. Bacterienarten.

1. M. candicans, 2. M. crêmoides, 3. M. coronatus, 4. M. cereus albus, 5. M. albus liquefaciens, 6. Diplococcus citreus conglomeratus, 7. Staph. pyogenes albus, 8. Staph. pyogenes aureus, 9. B. subtilis, 10. B. citreus, 11. B. ochraceus, 12. B. radiatus aquatilis, 13. B. dendrificans.

XIV. Untersuchung von besprengtem Staub aus der Katharinenstrasse; 27. August 1898.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1. durch die Wärme verflüssigt,		
3.	0,00025 g	991
2.	0,000125 »	598
4.	0,0000625 »	334.

B. Bacterienarten.

1. M. candicans, 2. M. coronatus, 3. M. rosettaceus, 4. M. rubefaciens, 5. Staph. pyogenes albus, 6. Kartoffelbacillus, 7. B. candicans, 8. B. liquidus, 9. B. ramosus liquefaciens, 10. B. stellatus.

XV. Untersuchung von nichtbesprengtem Staub des Mittelweges; 6. September 1898.

Am 28. und 30. August bedeckter Himmel; am 29. und 31. August Regen: vom 1. bis 6. September schönes Wetter.

Am 6. September nachmittags 2 Uhr begann die Untersuchung des Staubes aus dem Mittelweg und der Johanniterstrasse.

Digitized by Google

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,0005 g	30
2.	0,00025 »	21
3.	0,000125 »	18
4.	0,0000625 »	3.

B. Bacterienarten.

1. M. cereus albus, 2 M. crêmoides, 3. M luteus, 4. M. sulfureus, 5. B. subtilis, 6. B. megatherium, 7. B. mycoides, 8. B. mesentericus vulgatus, 9. B. aquatilis, 10. B. diffusus, 11. B. candicans.

XVI. Untersuchung von besprengtem Staub aus der Johanniterstrasse; 6. September 1898.

A. Anzahl der Colonien.

Nummer der Platte:	Gewichtsmenge des Staubes:	Anzahl der Colonien:
1.	0,0005 g	80
2.	0,00025 »	62
3.	0,000125 »	13
4. durch die Wärme verflüssigt.		

B. Bacterienarten.

1. M. candicans, 2. M. coronatus, 3. M. crêmoides, 4. M. roseus, 5. M. rosettaceus, 6. Staph. pyogenes aureus, 7. subtilis, 8. B. helvolum, 9. B. candicans, 10. B. ramosus liquefaciens, 11. B. diffusus.

III. Neue, bis jetzt noch nicht beschriebene Bacterienarten.

1. M. rubefaciens.

Mittelgrosse, kreisrunde Coccen, die einzeln oder zu 2 bis 4 Glieder vereinigt, öfters Haufen bildend aneinander liegen, sehr lebhafte Molokularbewegung besitzen, und sich mit gewöhnlichen Anilinfarbstoffen, sowie nach Gram gut färben.

Auf der Gelatineplatte nach 2 Tagen rundliche, weissliche 1,2 mm grosse Colonien; bei schwacher Vergrösserung sind dieselben ebenfalls rund, mit gelbem feinkörnigem Inhalt und farblosem hellerem Ring.

Nach drei Tagen sinkt die Gelatine etwas ein und man bemerkt bei schwacher Vergrösserung in der Mitte dunkelgelbe, nach dem Rand hin hellergelbe kleine Körnchen; der Rand selbst ist zackig.

Digitized by Google

Nach 4 Tagen Bildung 4 mm grosser Colonien mit gelblichem Häutchen, die bei schwacher Vergrösserung gelblich sind und wolkenförmige dunklere Partien zeigen.

In der Gelatinestichcultur nach einem Tage nadelförmiges Wachsthum unter Bildung eines ziemlich dicken, rundlichen, gelben Knöpfchens; nach 30 Stunden sinkt die Gelatine 2,5 mm breit ein; nach 3 Tagen ca. 10 mm breite, tellerförmige Verflüssigung, die nach 5 Tagen bis zur Wand des Reagensgläschens reicht, mässig getrübt ist und ein gelbliches Häutchen sowie Bodensatz besitzt; nach 4 Tagen rothe Verfärbung der Verflüssigungszone, die nach 7 bis 10 Tagen, zumal beim Betrachten gegen einen dunkleren Hintergrund, besonders deutlich hervortritt.

Auf Agarplatte nach 24 Stunden sehr kleine Pünktchen, bei schwacher Vergrösserung rundliche, dunkelgelbe Colonien mit zackigem Rande und krystallartigem Inhalt.

Nach 3 Tagen auf der Oberfläche weisslichgelbe, runde, 0,5 bis 3 mm grosse Colonien, in der Tiefe weisslichgelbe Pünktchen, die bei schwacher Vergrösserung bald rund, bald eiförmig, herzförmig oder längsoval aussehen und eine feinkörnige, in der Mitte dunkelgelbe, nach dem Rande hin hellergelbe Scheibe darstellen; nach 4 Tagen schon 1,0 bis 4,0 mm grosse Colonien.

In Glycerinagarstichcultur üppiger, dicker, gelblicher Belag mit deutlichem Stichkanal.

Auf Agarstrichcultur bei Zimmertemperatur nach 2 Tagen ziemlich ausgebreiteter, saftiger, glänzender Belag mit gelapptem Rande, welcher in der Mitte grünlichgelb, am Rande weisslichgelb gefärbt ist; nach 3 Tagen ziemlich dicker Belag, der in der untersten Partie die ganze Breite der Agaroberfläche einnimmt; der Agarnährboden selbst verfärbt sich roth, bei 35° C. bleibt jedoch die Rothfärbung des Agarnährbodens aus; das Condenswasser ist klar mit weisslich gelbem Bodensatz.

Bouillon anfangs sehr wenig, nach 3 bis 4 Tagen mässig getrübt mit spärlichem weisslichem Bodensatz; Indolreaction deutlich.

Traubenzuckerbouillon nach 7 Tagen mässig getrübt mit weisslichem Bodensatz; keine Gas- und Schwefelwasserstoffbildung.

Auf Kartoffeln saftigglänzende, dicke, grünlichgelbe Auflagerung mit glattem Rande und glatter Oberfläche.

Auf Milch nach 3 Tagen Bildung eines rahmartig gefärbten Häutchens, dessen Rahmfarbe nach 6 Tagen sehr deutlich ist, während die Bodenschicht hellgelb gefärbt ist; nach 10 Tagen schmutziggelbe Peptonisirung der Milch, wobei ein goldgelber Bodensatz entsteht; Reaction alkalisch.

Auf Blutserumstrichcultur anfangs gelber Belag, nach 2 Tagen oberflächliche, nach 7 Tagen ziemlich tiefe, von einem scharfen Rande begrenzte Verflüssigung; Condenswasser getrübt mit weisslichgelbem Bodensatz.

Bei 35° üppigeres Wachsthum als bei Zimmertemperatur.

Für Mäuse ist der Micrococcus nicht pathogen.

Ich züchtete denselben aus besprengtem Staub der Albert-, Johanniter- und Katharinenstrasse.

2. Der theebraunfarbene Bacillus.

Schwach gekrümmtes, kurzes, dünnes, kleines, stets in Einzelexemplaren sichtbares 1,8—3,6 μ langes, 0,6 μ breites, lebhaft eigenbewegliches Stäbchen mit abgerundeten Enden; Eigenbewegung meist gerade ausgerichtet, selten rotirend. Mit allen gewöhnlich gebrauchten Anilinfarben, besonders gut mit Gentianaviolett, sowie nach Gram färbbar.

Auf der 10proc. Gelatineplatte nach einem Tage weissliches Pünktchen; bei schwacher Vergrösserung rundliche, im Innern feinkörnige, gelbe bis hellweisslichgelbe, aus concentrischen Ringen bestehende Scheibe; nach 2 Tagen Verflüssigung der Gelatine.

In der Gelatinestichcultur anfangs fadenförmiges Wachsthum mit weisser Färbung des Stichkanals; nach 20 Stunden trichterförmige Verflüssigung mit weisslichem Bodensatz; nach 2 Tagen Bildung eines schmutzigweissen Häutchens und Klärung der Verflüssigungszone; nach 7 Tagen Verflüssigung der obersten Gelatineschicht bis zur Glaswand; Inhalt später getrübt mit weisslichem Bodensatz; Bildung eines ziemlich dicken, weisslichen Häutchens, die Verflüssigung der Gelatine schreitet nach unten und nach den Seiten hin gleichmässig fort; später tritt vollständige Verflüssigung der Gelatine ein.

Auf Agarplatte nach 1 Tage mit blossem Auge weissliches Pünktchen sichtbar, das bei schwacher Vergrösserung als gelbe, im Inneren faserige Colonie erscheint; nach 2 Tagen an der Oberfläche rundliche, weissliche Colonien von 2 bis 6 mm Durchmesser, die nach 3 Tagen 3 bis 8 mm gross werden, während die tief gelegenen Colonien nur weissliche Pünktchen darstellen.

In Agarstichcultur anfangs fadenförmiges Wachsthum, nach 2 Tagen ziemlich breiter, saftiger, glänzender, rein weisser, dicker Belag; Stichkanal sichtbar; nach einigen Tagen braune Verfärbung des Agars; nach 2 bis 4 Wochen zeigt der Belag auf Agar ziemlich feine Fältelung.

Auf Agarstrichcultur nach 2 Tagen ziemlich breiter, saftiger, glänzender, rein weisser Belag mit fast glattem Rande; nach 3 Tagen reicht der Belag schon bis zur Wand; Condenswasser nach 3 Tagen getrübt mit weissem Bodensatz und weisslichem, dünnem Häutchen.

Agar verfärbt sich bei Zimmertemperatur (ca. 17° C.) nach 5 Tagen; bei Brüttemperatur (37° C.) nach 2 Tagen braun und wird mit der Zeit immer dunkler.

Auf Blutserumstrichcultur anfangs weisslicher Belag; nach 40 Stunden wird dasselbe verflüssigt; Condenswasser schmutzig röthlichgelb getrübt.

Auf Kartoffeln nach 1 Tage saftiger, schmutziger, neapelgelber Belag mit glatter Oberfläche; nach 6 Tagen wird derselbe dick, saftig, glänzend und bräunlich gelb; nach 10 Tagen zeigt die glatte Oberfläche verschiedene Farbenringe.

In der Mitte einen weisslichgelben, von der Mitte nach aussen folgen hierauf ein bräunlicher, grauer und brauner Ring, während der äusserste hellgelb ist.

Milch nach 11 bis 14 Tagen coagulirt; nach 30 Tagen ist das Coagulum noch fest, Reaction sauer.

Bouillon nach 1 Tage wenig getrübt unter Bildung eines zarten, dünnen Häutchens; nach 3 Tagen starke diffuse Trübung, das weissliche dicke Häutchen zeigt an der Oberfläche verdickte Stellen; am Boden weisslicher Satz; Indolreaction deutlich.

Traubenzuckerbouillon nach 7 Tagen stark getrübt mit dickem, weisslichem Bodensatz; keine Gasbildung, reichliche Schwefelwasserstoffbildung.

Bei Bruttemperatur (37 ° C.) besseres Wachsthum als bei Zimmertemperatur.

Für weisse Mäuse ist derselbe nicht pathogen.

Ich fand denselben nur einmal im besprengten Staub aus der Albertstrasse.

Sämmtliche Nährböden nehmen verschieden rasch eine thee- bis kaffeebraune Farbe an, die allmählich immer dunkler wird.

3. B. albus liquefaciens.

Kurzes Stäbchen, isolirt oder zu je 2 Zellen angeordnet; keine Eigenbewegung, dagegen Molecularbewegung; nach Gram färbbar.

Auf der Gelatineplatte nach 3 Tagen auf der Oberfläche weisse, rundliche Colonien, die bei schwacher Vergrösserung eine eiförmige bis stark längsovale Scheibe mit gelbem, körnigem Inhalt darstellen.

In der Gelatinestichcultur anfangs weisse Colonien im Stichkanal; nach 3 bis 5 Tagen tellerförmige Verflüssigung unter Bildung von weissem Bodensatz.

Auf Glycerinagarstrichcultur saftiger, glänzender, reinweisser, ziemlich ausgebreiteter Belag mit glattem Rande, Condenswasser klar mit weissem Bodensatz.

Bouillon wird mässig getrübt mit Bodensatz, ohne Häutchen; Indol vorhanden.

Auf Kartoffeln ziemlich ausgebreiteter, weisser, etwas trockener Belag.

Ich züchtete denselben aus unbesprengtem Staub des Kanalweges.

In der Literatur sind ziemlich viele Bacillen verzeichnet, welche mit dem B. albus liquefaciens Aehnlichkiet besitzen; z. B.:

B. lactis albus
B. diffusus
B. albus putidus
B. carabiformis
} mit Eigenbewegung etc.,

B. aquatilis (bildet einen gelben Belag etc.),

B. acidi lactici
B. albus
B. candicans
B. aquatilis sulcatus
} diese verflüssigen nicht die Gelatine etc.

4. B. megatherium simulans.

Der Bacillus, welcher dem Heubacillus ähnlich ist, ist ein an den Enden abgerundetes Stäbchen, das, oft zu langen Ketten verbunden, endständige Sporen bildet, langsame Eigenbewegung zeigt und sich nach Gram färbt.

Auf der Gelatineplatte besitzen die Colonien Aehnlichkeit mit denen des B. subtilis; nach einem Tage Bildung 0,3 mm grosser, weisslicher Pünktchen; nach 3 Tagen gelblichweisse, runde bis ovale 0,5 bis 1,5 mm grosse Colonien, die die Gelatine minimal verflüssigen und bei schwacher Vergrösserung eine runde bis stark längsovale Form, sowie einen sehr unregelmässig gebuchteten Rand erkennen lassen, während die Farbe der Colonien im Centrum gelb, nach der Peripherie hin grünlichgelb ist, und vom Rande aus radiär in die verflüssigte Gelatine wellenartig gebogene Stäbchenkettchen ausstrahlen.

In der Gelatinestichcultur nach einem Tage Stichkanal weiss gefärbt, nach 2 Tagen geringe Verflüssigung unter Bildung von graulichweissem Bodensatz; nach 4 Tagen 12 mm breite Verflüssigung, die nach 5 Tagen bis zur Glaswand reicht; die Verflüssigung ist anfangs tellerförmig, später cylindrisch; der Inhalt ist fein staubartig getrübt mit weisslichem Bodensatz; keine Häutchenbildung.

Auf Glycerinagarstrichcultur bei Zimmertemperatur nach einem Tage 3 mm breiter grauweisser, saftiger, glattrandiger Belag, der nach 2 Tagen 5 mm breit ist, nach 4 Tagen die ganze Fläche einnimmt, saftig glänzt, ziemlich dick und rein weiss ist, und bisweilen eine gefaltete Oberfläche besitzt; Condenswasser klar mit weissem Häutchen und Bodensatz.

Blutserumstrichcultur zeigt nach einem Tage spurweise Verflüssigung, nach 3 Tagen deutlich sichtbare verflüssigte Rinne. Farbe des Belages anfangs undeutlich; nach 4 Tagen am Boden der verflüssigten Rinne eine grauweisse Bacterienmasse. Condenswasser nach 4 Tagen getrübt mit Bodensatz.

Auf Kartoffeln nach 2 Tagen saftige, dicke, graue Auflagerung mit glatter Fläche und glattem Rand; nach 5 Tagen gelblichweisse, nach 10 Tagen gelbe, saftige, in der Mitte einige Körnchen bildende Auflagerung; nach 22 Tagen dicker, trockener, röthlichgelber Belag mit 1 mm grossen Körnern in der Mitte und gelapptem Rand.

Bouillon nach einem Tage fast klar, nach 2 bis 4 Tagen durch kleine Flocken schwach getrübt mit Häutchen und Bodensatz; kein Indol, kein SH_2.

Traubenzuckerbouillon nach 7 Tagen schwach getrübt mit reichlichem weissem Bodensatz; keine Gasbildung.

Milch nach 8 bis 10 Tagen bei Zimmertemperatur coagulirt; Reaction sauer.

Bei 35° C. wächst der Belag nach einem Tage über die ganze Oberfläche der Agarstrichcultur, während die Zimmertemperatur (ca. 20° C.) er sich nur 3 mm weit ausbreitet.

Für Mäuse ist derselbe nicht pathogen.

Ich fand denselben in nichtbesprengtem Staub aus der Lehenerstrasse.

Er hat Aehnlichkeit mit dem B. subtilis, besonders mit dem B. megatherium, unterscheidet sich jedoch von diesen dadurch, dass er kein Häutchen auf der Gelatineverflüssigungszone bildet und bei 35° C. besser wächst als bei 20° C.

5. B. pituitosus.

Kurze, dicke, nur selten zu zweien oder mehreren Exemplaren verbundene Stäbchen mit abgerundeten Enden, die lebhafte Eigenbewegung besitzen und sich mit den gewöhnlichen Anilinfarbstoffen, sowie nach Gram färben.

Auf der Gelatineplatte nach 3 Tagen an der Oberfläche 1 bis 1,5 mm grosse, weissliche tropfenartige Colonien, die bei schwacher Vergrösserung rundlich sind und grünlichweissen mit weissen Flecken untermischten Inhalt, sowie einen lappigen Rand erkennen lassen.

In der Gelatinestichcultur nach einem Tage saftig glänzender, grauer, runder, nagelförmiger Belag mit deutlich sichtbarem Stichkanal, nach 2 Tagen dicke, mehr tropfenartige, 4 mm grosse, in der Mitte gelbliche, gegen den Rand hin gelblichweisse, glattrandige Auflagerung; nach 4 bis 7 Tagen Verflüssigung, die später cylindrisch wird, wobei sich an der Oberfläche ein glänzendes, hellgelbes, concentrische und dunkelgelbe, irisförmige Linien zeigendes Häutchen bildet, während am Boden ein goldgelber Satz sich niederschlägt; die Verflüssigungszone ist leicht getrübt.

In Glycerinagarstichcultur saftige, glänzende, graulichе Auflagerung mit deutlichem Stichcanal.

Auf Glycerinagarstrichcultur üppiger, bald über die ganze Fläche ausgebreiteter, saftiger, dicker, schleimig gelber, glattrandiger Belag mit glatter netzförmig gezeichneter Oberfläche; Condenswasser zuerst klar, später getrübt mit Häutchen und Bodensatz.

Auf Blutserumstrichcultur nach 3 Tagen farblose, feuchtglänzende Linien; später sehr langsame Verflüssigung; Condenswasser klar mit gelblich-weissem, dicken Häutchen und gelbem Bodensatz.

Auf Kartoffeln nach einem Tage saftige, dünne, breite, gelbe, nach 3 Tagen bräunlichgelbe Auflagerung, die auch die Kartoffeln braun färbt; nach 4 Tagen röthlichgelbe, bis orangegelbe, saftige breite Auflagerung mit glattem Rand und glatter Oberfläche.

Bouillon nach einem Tage stark getrübt mit Bodensatz; keine Indolbildung.

Traubenzuckerbouillon gleichmässig, stark getrübt mit Häutchen und reichlichem Bodensatz; Gas- und SH_2-Bildung nicht vorhanden.

Milch wird bei 35° C. nach 8 bis 11 Tagen, bei Zimmertemperatur (ca. 18 bis 20° C.) nach 17 Tagen coagulirt; Reaction sauer.

Bei 35° C. wächst der B. pituitosus besser als bei Zimmertemperatur.

Die Beläge auf Agar und Gelatinecultur enthalten sehr zähflüssigen Schleim, so dass das Abimpfen ziemlich schwierig ist. Für Mäuse ist derselbe nicht pathogen.

Ich züchtete denselben nur einmal aus unbesprengtem Staub der Albertstrasse.

6. B. aureus liquefaciens.

Kurze, dünne Stäbchen mit abgerundeten Enden, meist einzeln oder zu zweien auftretend, selten zu langen Fäden verbunden; Eigenbewegung sehr lebhaft: Gram'sche Färbung versagt.

Auf der Gelatineplatte nach einem Tage weisse Pünktchen, die bei schwacher Vergrösserung runde Colonien darstellen, welche gelbe, glänzende Körnchen enthalten; nach 2 Tagen gelbe, bei schwacher Vergrösserung goldgelbe, runde, in der Mitte eine dunkelgelbe Blase enthaltende Colonien.

In der Gelatinestichcultur nach einem Tage graue, flache, nagelförmige, mit zackigem Rande versehene Auflagerung; Stichkanal deutlich sichtbar; die Farbe der Colonien wird allmählich gelb; nach 4 Tagen orangegelber, ziemlich dicker, rosettenförmiger Belag; nach 5 Tagen 6 mm grosse, tellerförmige Verflüssigung mit goldgelbem Häutchen und goldgelbem Bodensatz; später cylindrische Verflüssigung.

In Glycerinagarstichcultur nach einem Tage bei 35° C. dünner, grauer, später sich gelblich verfärbender Belag; Stichkanal deutlich sichtbar.

Auf Glycerinagarstrichcultur nach einem Tage 2 bis 3 mm breiter, grauer, lappiger Belag; nach 4 Tagen über die ganze Oberfläche ausgedehnte, saftige, glänzende, gelblichgraue Auflagerung; Condenswasser klar mit Häutchen und Bodensatz.

Bouillon wird nach einem Tage gleichmässig stark getrübt mit mässigem Bodensatz; nach 2 Tagen dünnes, zartes, gelblichweisses Häutchen sowie reichlicher Bodensatz.

Traubenzuckerbouillon, besonders im offenen Schenkel, stark getrübt mit reichlichem Bodensatz; Indolbildung vorhanden; keine Gas-, keine SH_2-Bildung.

Auf Kartoffeln nach einem Tage saftige, gelblichweisse, nach 2 bis 3 Tagen saftige, röthlichgelbe, breite Auflagerung.

Milch nach 4 Tagen coagulirt mit gelbem Häutchen; nach 3 Wochen nicht verflüssigt; Reaction stark sauer.

Für Mäuse ist der Bacillus nicht pathogen.

Bei 37° C. ist der Belag nach 18 Stunden auf Agarstrichcultur 6 mm, bei 18° C. jedoch nur 2 mm breit.

Derselbe wurde aus unbesprengtem Staub der Albertstrasse gezüchtet.

Der B. aureus liquefaciens besitzt einige Aehnlichkeit mit dem B. aureus minutissimus, jedoch ist dieser für Mäuse und Kaninchen pathogen.

7. B. aerophilo similis.

Grosse, dicke, schwach gekrümmte Stäbchen mit abgerundeten Enden und granulirtem Inhalt, meist zu zweien verbunden oder 4—5 gliedrige Fäden bildend; sie sind zweimal so lang als breit, zeigen sehr wenig Molecularbewegung, bilden Sporen und färben sich mit gewöhnlichen Anilinfarben, jedoch nicht nach Gram.

Auf der Gelatineplatte nach 2 Tagen grauweisse, 5 mm grosse, die Gelatine verflüssigende Colonien, die bei schwacher Vergrösserung runde,

gelblichweisse Scheibchen darstellen, welche in der Mitte wolkig getrübt sind und von dem Rande der die Trübung bedingenden Bacterienmasse in die verflüssigte Gelatine unbewegliche, spirillenförmige Fäden aussenden; nach 3 Tagen sind die Colonien 8 mm gross, zeigen aber sonst das gleiche Aussehen wie die 2 Tage alten Colonien.

In der Gelatinestichcultur nach 20 Stunden weisse, etwas in die Gelatine einsinkende Colonien; Stichkanal deutlich sichtbar; nach 2 Tagen 4 mm breite tellerförmige Verflüssigung der Gelatine unter Bildung eines dicken, weissen Häutchens; von dem Häutchen hängen in die verflüssigte Gelatine fransenart. Stränge herab; nach 4—5 Tg. erreicht die Verflüssig. die Reagenzgläschenwand und wird cylindrisch; die Verflüssigungszone selbst ist getrübt und von einem dick., weissen Häutchen bedeckt; am Boden bildet sich ein weisser Niederschlag.

In Glycerinagarstichcultur nach 2 Tagen saftig glänzende, weisse, dicke, rundliche Auflagerung mit glattem Rande und glatter Oberfläche; Stichkanal deutlich sichtbar.

Auf Glycerinagarstrichcultur nach 2 Tagen 10 mm breiter, saftiger, dicker, weisser Belag mit gelapptem Rande; Condenswasser klar mit weissem Bodensatz.

Bouillon zuerst fast klar, nach 4 Tagen fein staubartig getrübt mit reichlichem weissen Bodensatz; keine Häutchenbildung.

Traubenzuckerbouillon verhält sich wie gewöhnliche Bouillon, ist jedoch im offenen Schenkel mässig getrübt; keine Gas-, keine SH_2-Bildung; Indolbildung tritt erst später deutlich auf.

Auf Kartoffeln nach 2 Tagen saftiger, ziemlich dicker, weisser, nach 7 Tagen gelblichweisser, dicker, breiter, glattrandiger Belag, der in der Mitte einzelne kleine Körnchen zeigt; die Kartoffel selbst verfärbt sich braun.

Milch wird nach 3 Tagen coagulirt, jedoch nach 12 Tagen wieder verflüssigt; die anfangs saure Reaction wird nach der Verflüssigung alkalisch.

Bei 37° C. ist der Belag auf Agarstrichcultur nach 18 Stunden 11 mm, bei 18° C. jedoch nur 2 bis 3 mm breit.

Für Mäuse ist der B. aerophilo similis nicht pathogen.

Ich züchtete denselben zweimal aus besprengtem Staub der Johanniter- und Rheinstrasse. Folgende Bacterienarten sind ihm ähnlich:

B. aërophilus: Oberer Theil des Gelatineverflüssigungstrichters graugelb, ohne Häutchen, nach Gram färbbar. — B. implexus: Enden abgestutzt, nach Gram gut färbbar. — B. vermicularis und B. filiformis: Langsame Verflüssigung der Gelatine, nach Gram färbbar. — B. subtilis: Besitzt Eigenbewegung.

8. B. pseudobutyricus.

Kleine Stäbchen von der Grösse des B. coli, meist einzeln gelagert oder zu Zweien mit einander verbunden, bisweilen aus 4—6 Zellen bestehende Fäden bildend. Sporen sehr gross, meist mittelständig; bei der Sporenbildung schwellen die Mutterzellen tonnenförmig an, und es sistirt die sonst sehr lebhafte Eigenbewegung; mit den gebräuchlichen Farbstoffen und nach Gram

ist derselbe färbbar; er wächst aërob. In Gelatinenährböden ist die Sporenbildung sehr reichlich.

Auf der Gelatineplatte nach 3 Tagen graulichc, 1 mm grosse Colonien mit zackigem Rand, die bei schwacher Vergrösserung farblos aussehen und eine haarlockenähnliche Anordnung der Colonien erkennen lassen.

In der Gelatinestichcultur zuerst weisse Färbung des Stichkanals, nach 2 Tagen 4 bis 6 mm breite, tellerförmige Verflüssigung der Gelatine unter Bildung eines weissen Häutchens; nach 5 Tagen Verflüssigung bis zur Wand des Reagenzgläschens reichend. Stichkanal deutlich sichtbar; Verflüssigungszone durch Flocken getrübt.

Auf Glycerinagarstrichcultur nach 18 Stunden bei 18° C. Strichlinie grau verfärbt, bei 37° C. 6 mm breiter, ziemlich dünner, graulichweisser Belag; Condenswasser klar mit weissem Häutchen und Bodensatz.

Auf Blutserumstrichcultur zuerst weisslicher Belag, nach 6 Tagen Verflüssigung; am Boden der hierdurch entstehenden Rinnen eine weisse Bacterienmasse; Bildung von Gasbläschen

Bouillon bei Zimmertemperatur nach 2 Tagen mittelmässig getrübt mit weisslichem Bodensatz; nach 3 Tagen Bildung eines weisslichen Häutchens.

Traubenzuckerbouillon bei 35° C. nach einem Tage stark getrübt mit weissem Häutchen und reichlichem Bodensatz; starke Gasbildung, keine Entwickelung von SH_2; Indol nachweisbar.

Milch wird bei 35° und 18° C. nach 3 bis 4 Tagen coagulirt; nach 12 Tagen wieder verflüssigt; Reaction sauer.

Auf Kartoffeln zuerst dünne, weisse, ziemlich trockene, später mässig dicke, graulichc Auflagerung mit rauher Oberfläche; bei 37° C. viel üppigeres Wachsthum als bei 18° C. Für Mäuse ist derselbe nicht pathogen.

Ich fand denselben in besprengtem Staub aus der Johanniterstrasse: wahrscheinlich gehört er zur Gruppe des Rauschbrand- und Buttersäurebacillus.

9. B. liquefaciens pathogenes.

Kurze, dicke Stäbchen mit abgerundeten Enden, 2—3 mal so lang als breit, ohne Eigenbewegung; Molecularbewegung vorhanden; mittelständige Sporenbildung; mit den gewöhnlichen Farbstoffen und nach Gram gut färbbar.

In der Gelatinestichcultur nach einem Tage trichterförmige Verflüssigung unter Entstehung einer Luftblase; nach 4 Tagen cylindrische Verflüssigung, die fast die Wand des Reagenzgläschens erreicht; Bildung eines dünnen, weissen Häutchens, sowie eines weissen Niederschlages; Verflüssigungszone zuerst fast klar, später mässig getrübt.

Auf Glycerinagarplatte nach 2 Tagen 0,5 bis 2 mm grosse, runde, graulichweisse Colonien, die bei schwacher Vergrösserung eine runde, in der Mitte dunkelgelbe, nach dem Rande hin helle, aus grossen Körnchen bestehende Scheiben darstellen; der Rand lockert sich in radiär gestellte Bacterienfäden auf.

In Glycerinstichcultur nach 2 Tagen saftig glänzende, dünne, weissliche Auflagerung; Stichkanal deutlich sichtbar.

Auf Glycerinagarstrichcultur nach 3 Tg. saftiger, glänzender, 5 mm breiter, ziemlich dicker, weisser, glattrandiger Belag; Condenswasser klar mit Bodensatz.

Auf Blutserumstrichcultur zuerst weisser Belag; nach 3 Tagen Verflüssigung; nach 10 Tagen vollständige Verflüssigung; Verflüssigungszone röthlich verfärbt. Geruch nach Erbsen.

Milch bei 37—35° C. nach 2—3 Tagen coagulirt; nach 10 Tagen verflüssigt.

Auf Kartoffeln nach einem Tage dünne, graulichweisse, ziemlich trockene Auflagerung mit glatter Oberfläche, die nach 3 Tagen in der Mitte grauweiss, peripherwärts bräunlich, am Rande selbst grauweiss gefärbt ist; Kartoffel verfärbt sich braun.

Bouillon bei 37° C. nach einem Tage stark getrübt mit dünnem weissen Häutchen und reichlichem weissen Bodensatz; Indolbildung anfangs spärlich, später ziemlich reichlich.

Traubenzuckerbouillon verhält sich wie gewöhnliche Bouillon; weder Gas- noch SH_2-Bildung.

Bei 37° nach 18 Stunden auf Agarstrichcultur fast über die ganze Oberfläche ausgebreiteter Belag, der bei 18° nur 2 mm breit ist.

Injection von 0,3 g für Mäuse pathogen.

Ich fand denselben in besprengtem Staub der Bismarckstrasse.

Der Bacillus besitzt Aehnlichkeit mit dem Bacillus gingivae pyogenes.

IV. Tabellarische Uebersicht über die Anzahl und die verschiedenen Arten der bei den Untersuchungen gefundenen Bacterien.

I. Anzahl der im Strassenstaube enthaltenen Keime.

	Strassenname							
Staubmenge	Albert-strasse	Bismarck-strasse I	Bismarck-strasse II	Rhein-strasse	Hebel-strasse	Johanniterstr. I	Katharinenstr.	Johannit.-strasse II
Besprengte Strassen								
0,001 g	1 981	— †	— †	— †	— †	— †	— †	— †
0,0005 g	1 031	— *	725	— *	153	42	— *	80
0,00025 g	627	12	481	— *	— *	32	991	62
0,000125 g	154	8	322	29	— *	10	598	13
0,0000625 g	— †	— *	181	8	16	— *	334	— *
Datum der Untersuch.	27. Juni 13. Juli	18. Juli	3. August	13. August	18. August	23. August	27. August	6. Sept.

	Strassenname							
Staubmenge	Lehe-nerstrasse	Kanalweg zwischen Albert- u. Hebelstr.	Albert-strasse	Sautier-strasse I	Sautier-strasse II	Bismarck-strasse	Sautier-strasse III	Mittelweg
Nichtbesprengte Strassen								
0,001 g	2 363	— †	2 091	— †	— †	33	— †	— †
0,0005 g	— *	139	931	76	43	22	215	30
0,00025 g	207	47	369	38	19	12	153	21
0,000125 g	133	14	278	7	— *	3	72	18
0,0000625 g	125	— *	92	5	3	— †	9	3

* In diesen Fällen wurden die Platten durch die Wärme verflüssigt.

† In diesen Fällen wurden keine Platten gegossen.

II. In dieser Tabelle sind die Zahlen der I. Tabelle auf 1 g Staub berechnet.

	Nummer der Platte	Strassenname: Albertstrasse	Bismarckstrasse I	Bismarckstrasse II	Rheinstrasse	Hebelstrasse	Johanniterstrasse I	Katharinenstrasse	Johanniterstrasse II
Besprengte Strassen	1	1 981 000	—†	—†	—†	—†	—†	—†	—†
	2	2 062 000	—•	1 450 000	—•	306 000	84 000	—•	160 000
	3	2 508 000	48 000	1 924 000	—•	—•	128 000	3 964 000	248 000
	4	1 232 000	64 000	2 576 000	232 000	—•	80 000	4 784 000	104 000
	5	—†	—•	2 896 000	128 000	256 000	—•	5 344 000	—•
	Datum d. Untersuchung	27. Juni / 13. Juli	18. Juli	3. August	13. August	18. August	23. August	27. August	6. September

	Nummer der Platte	Strassenname: Lehenerstrasse	Kanalweg zwischen Albert- und Hebelstrasse	Albertstrasse	Sautierstrasse I	Sautierstrasse II	Bismarckstrasse	Sautierstrasse III	Mittelweg
Nichtbesprengte Strassen	1	2 363 000	—†	2 091 000	—†	—†	33 000	—†	—†
	2	—•	278 000	1 862 000	152 000	86 000	44 000	430 000	60 000
	3	828 000	188 000	1 476 000	152 000	76 000	48 000	612 000	84 000
	4	1 064 000	112 000	2 224 000	56 000	—•	24 000	576 000	144 000
	5	2 000 000	—•	1 472 000	90 000	48 000	—†	144 000	48 000

III. Diese Tabelle gibt die Durchschnittszahl sowie die grösste und kleinste Anzahl der in 1 g Staub gefundenen Colonien an.

		Strassenname							
		Albert-strasse	Bismarck-strasse I	Bismarck-strasse II	Rhein-strasse	Hebel-strasse	Johanniter-strasse I	Katharinen-strasse	Johanniter-strasse II
Besprengte Strassen	Durchschnittsanzahl .	1 945 750	56 000	2 211 500	180 000	281 000	97 333	4 697 333	170 666
	Grösste Anzahl . .	2 508 000	64 000	2 896 000	232 000	306 000	128 000	5 344 000	248 000
	Kleinste Anzahl . .	1 232 000	48 000	1 450 000	128 000	256 000	80 000	3 964 000	104 000
	Dauer des Sonnenscheins	4 Stunden / ca. 2 Tage	ca. 5 Tage	ca. 4 Tage	ca. 6 Tage	ca. 11 Tage	ca. 26 Tage	ca. 2 Tage	ca. 6 Tage

		Strassenname							
		Lehener-strasse	Kanalweg zwischen Albert- und Hebelstrasse	Albert-strasse	Sautier-strasse I	Sautier-strasse II	Bismarck-strasse	Sautier-strasse III	Mittelweg
Nichtbesprengte Strassen	Durchschnittsanzahl .	1 563 750	192 666	1 825 000	112 500	70 000	37 250	440 500	84 000
	Grösste Anzahl . .	2 363 000	278 000	2 224 000	152 000	86 000	48 000	612 000	144 000
	Kleinste Anzahl . .	828 000	112 000	1 472 000	56 000	48 000	24 000	144 000	48 000

Google

IV. Gesammtdurchschnitt sämmtlicher Einzeldurchschnitte sowie sämmtlicher grösster und kleinster Mengen der in je 1 g Strassenstaub enthaltenen Bacterien; für alle obgenannten Strassen mit Ausnahme des Kanalweges berechnet.

	Besprengte Strassen	Nichtbesprengte Strassen
Durchschnittsanzahl . . .	1 204 948	589 857
Grösste Anzahl	1 465 750	804 143
Kleinste Anzahl	907 750	373 857

V. Tabelle der im Strassenstaub gefundenen Bacterienarten sowie der Häufigkeit ihres Auftretens in besprengtem und nichtbesprengtem Staub.

Bacterienarten	Besprengte Strassen									Nichtbesprengte Strassen						
	Albertstrasse	Bismarckstr. I	Bismarckstr. II	Rheinstrasse	Hebelstrasse	Johanniterstr. I	Katharinenstr.	Johanniterstr. II	Kanalweg zwischen Albert- u. Hebelstr.	Lehenerstrasse	Albertstrasse	Sautierstrasse I	Sautierstr. II	Bismarckstrasse	Sautierstr. III	Mittelweg
M. candicans . .	+	−	+	+	+	+	+	+	−	+	+	+	+	+	+	−
M. candidus . . .	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−	−	−	−
M. cereus albus .	+	−	+	−	−	−		−	−	−	−	−	−	−	+	+
M. coronatus . .	+	−	−	−	−	+	+	+	−	+	−	−	+	−	+	−
M. luteus . . .	+	−	−	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+
M. rosettaceus . .	+	+	+		−	−	+	+	−	+	+	−	+	+	−	−
M. sulfureus . .	+	−	−	−	−	+	−	−	−	−	+	−	−	+	−	+
M. concentricus .	−	−	+	+	−	−	−	−	−	+	+	−	−	−	−	−
M. radiatus . . .	−	−	+	−	−	−	−	−	−	+	−	−	−	−	−	−
M. crêmoides . .	−	+	−	−	−	−	−	+	−	+	−	−	−	−	+	−
M. coralloides . .	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
M. viticulosus . .	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−	−	−	−
M. roseus	−	−	+	−	−	−	−	+	−	−	−	−	−	−		
M. albus liquef. .	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−
M. citreus liquef. .	−	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
Dip. citr. conglomer.	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−
M. rubefaciens . .	+	−	−	−	−	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−
Strept. cinereus .	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−	−	−	−
Staphro. p. albus .	−	+	+	−	−	+	+	−	+	−	−	+	−	−	+	−
Staphro. p. citreus	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−
Staphro. p. aureus	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−	+	−	−	+	+	−
Porzellancoccus . .	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−
Oo. chromogenes .	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−	+	−	−
B. subtilis . . .	−	−	+	+	−	+	−	+	+	+	+	+	−	+	+	+
B. megatherium .	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−	+	−	+	−	+
B. mycoides . . .	+	−	+	−	−	−	−	−	+	+	−	+	+	−	−	+
B. vulgatus . . .	−	−	+	−	−	+	+	−	+	+	+	+	+	+	−	+

Bacterienarten	Besprengte Strassen									Nichtbesprengte Strassen						
	Albertstrasse	Bismarckstr. I	Bismarckstr. II	Rheinstrasse	Hebelstrasse	Johanniterstr. I	Katharinenstr.	Johanniterstr II	Kanalweg zwischen Albert- u. Hebelstr.	Lebenestrasse	Albertstrasse	Sautierstrasse I	Sautierstr II	Bismarckstrasse	Sautierstr III	Mittelweg
B. erythrogenes	+	—	+	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—
B. ochroceus	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+	—
B. helvolus	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
B. disciformans	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Der gelbe Bacillus	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
B. fulvus	+	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—
B. arborescens	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B. aërophilus	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B. nubilus	+	—	+	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
B. turcosa	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B. aquatilis	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	+
B. pyocyaneus	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—
B. fluorescens	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
B. implexus	—	—	+	—	—	+	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—
B. mucosus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
B. lactis albus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+		—	—	—	—	—
B. vulgare	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
B. crêmoides	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
B. candicans	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	+	+	—	—	—	+
B. albus	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	+	—	—	—	—
B. diffusus	—	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—	+	—	—	+
B. radiatus aquatilis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—
Proteus mirabilis	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B. citreus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—
B. cuticularis	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—
B. ramosus liquef.	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—
B. denitrificans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
B. liquidus	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—		—	—
B. stellatus	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Der theebraunfarb. Bacillus	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B. albus liquefaciens	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—		—	—	—
B. megath. simulans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
B. pituitosus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
B. aureus liquefac.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
B. aëroph. simulans	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B. pseudobutyricus	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
B. liquef. pathogenes	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	+	—	—
Hefe	+	+	+	—	—	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	
Schimmelpilze	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+		+	+

VI.

In besprengtem Strassenstaub nicht gefundene Bacterienarten, die aus unbesprengtem Strassenstaub gezücht. wurden	In unbesprengtem Strassenstaub nicht gefundene Bacterienarten, die aus besprengtem Strassenstaub gezüchtet wurden
M. albus liquefaciens	M. coralloides
Dip. citreus conglomeratus	M. roseus
Strep. cinereus	M. citreus liquefaciens
Oo. chromogenes	M. rubefaciens
B. megatherium	B. erythrogenes
B. fluorescens liquefaciens	B. helvolus
B. mucosus	B. disciformans
B. lactis albus	B. fulvus
B. crêmoides	B. arborescens
B. albus	B. aërophilus
B. radiatus aquatilis	B. nubilus
B. citreus	B. turcosa
B. denitrificans	Proteus mirabilis
B. megatherium simulans	B. cuticularis
B. pituitosus	B. liquidus
B. aureus liquefaciens	B. stellatus
B. liquefaciens pathogenes	Der theebraunfarbene Bacillus
	B. aërophilus simulans
	B. pseudobutyricus

Fasse ich zum Schluss die Resultate meiner Arbeit kurz zusammen, so lassen sie sich folgendermaassen formuliren:

1. Der dem niemals besprengten Canalwege entnommene Staub enthält dreimal so viel Bacterien als einer beliebigen Strasse der Stadt entnommener besprengter Staub; die Ursache hierfür liegt wahrscheinlich darin, dass der Gewerbecanal den Canalweg immer gleichmässig feucht erhält.
2. Die Anzahl der in besprengtem Staub vorhandenen Bacterien übertrifft die in unbesprengtem Staub lebenden um mehr als das Doppelte (1 204 948 : 589 857), weil der Wassergehalt des besprengten Strassenstaubes für die Vermehrung der Bacterien günstig ist.
3. Nach vier Tage lang anhaltendem schönen Wetter ergab die Untersuchung in 1 g unbesprengten Strassenstaub

den Gehalt von 1 893 000, in besprengtem Strassenstaub dagegen den Gehalt von 2 211 500 Bacterien.

Nach 26 Tage lang dauerndem, schönen, trockenen Wetter war die Anzahl der Bacterien in je 1 g bei unbesprengtem Staub durchschnittlich auf 37 250 gesunken, während besprengter Staub nur noch 97 333 Bacterien enthielt.

Es gingen demnach unter dem andauernden Einfluss der Sonne in unbesprengtem Staub 981 ‰, in besprengtem 956 ‰ der Bacterien zu Grunde.

Während das Procentverhältnis der abgestorbenen Bacterien fast das gleiche ist, unterscheiden sich die absoluten Mengen derselben, indem auch nach 26 Tage lang dauerndem, trockenen, warmen Wetter die Zahl der Bacterien in besprengtem Staub diejenige in unbesprengtem noch um mehr als das Doppelte übertrifft.

Nicht ohne Interesse ist die verschiedene Art des Absterbens der Keime in beiden Fällen, welche auf die verschieden grosse Widerstandsfähigkeit gewisser Bacterienarten — dabei handelt es sich in erster Linie um die sporenbildenden Bacterien, dann aber auch um einzelne Bacterien von besonderer Widerstandsfähigkeit ohne Sporenbildung, besonders Coccen — gegenüber dem Sonnenlicht und der Austrocknung zurückzuführen ist.

Stets ist dabei der Factor maassgebend, dass die Besprengung des Staubes günstigere Lebensbedingungen schafft.

Wir finden nämlich, dass in besprengtem Staub erst nach 14 Tagen die weniger widerstandsfähigen Arten unter den eben angegebenen Bedingungen — trockenes, warmes Wetter, Sonnenschein, regelmässige Besprengung — nicht mehr nachzuweisen sind, während sie in unbesprengten Strassen unter den gleichen Bedingungen höchstens vier Tage lang leben. Die widerstandsfähigeren Arten sterben dagegen in beiden Fällen allmählich ab.

4. Die Bacterien in besprengtem und unbesprengtem Staub sind zum Theil verschieden; es ist diese Thatsache für die Hygiene ohne Bedeutung, da die wenigen pathogenen Arten sich in den beiden Staubarten gleich verhalten.
5. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden folgende Bacterienarten gefunden:

   Staphylococcus pyogenes aureus, albus, citreus, Bacillus pyocyaneus, Bacillus vulgaris und B. liquefaciens pathogenes.
6. Die Widerstandsfähigkeit der angeführten pathogenen Bacterien gegenüber andauerndem Sonnenschein kann aus folgenden Angaben erkannt werden:

   Staphylococcus pyogenes aureus, albus und citreus, sowie B. liquefaciens pathogenes wurden noch nach 26 Tage lang andauerndem, regenlosen Wetter, während welcher Zeit täglich der Himmel frei und der Staub den Strahlen der Sonne beständig ausgesetzt war, in demselben nachgewiesen.
7. In besprengtem und unbesprengtem Staub fand ich die gleichen pathogenen Bacterienarten mit Ausnahme des Bacillus vulgaris, den ich nur im Staub des niemals besprengten Canalweges fand.
8. Aus diesen Angaben ersehen wir, dass die Besprengung der Strassen vom hygienischen Standpunkt aus insofern ungünstig zu beurtheilen ist, als die Zahl der im Staub lebenden Bacterien, worunter verschiedene pathogene Arten sind, nach der Besprengung um mehr als das Doppelte zunimmt.

Unter den ziemlich zahlreichen Untersuchungen über den Keimgehalt des Bodens führten diejenigen Miquel's*) zu Resultaten, welche den meinigen sehr ähnlich sind.

Er fand in 1 g Staub zweier Strassen im einen Falle 1300000, im anderen 2100000 Keime.

*) Wiener klin. Wochenschr., 1896, Nr. 52.

Aehnlich verhalten sich Reimer's[12]) und Fülle's[14]) Resultate.

Unter den Untersuchungen über den Einfluss des Sonnenlichtes und des Wassermangels auf das Leben der Mikroorganismen sind folgende hervorzuheben:

Dieudonné[3]) stellte fest, dass das directe Sonnenlicht im März, Juli und August in $1^1/_2$ Stunden, im November dagegen erst in $2^1/_2$ Stunden den B. fluorescens putridus abtödtet.

Milzbrand und Typhus sollen im Frühjahr in 5 bis 6 Tagen durch das Sonnenlicht abgetödtet worden sein.

Charrin*) fand, dass das Sonnenlicht Milzbrandbacillen verhältnismässig rasch vernichtet, den Bacillus pyocyaneus dagegen viel langsamer.

Sanfelice*) gibt an, dass dem directen Sonnenlichte die Sporen des Bacillus des malignen Oedems 50 Stunden lang im Boden widerstehen.

Nach Sternberg*) soll das directe Sonnenlicht in 4 Stunden die Cholerabacillen tödten.

Buchner[1]) fand, dass im Wasser, das zu Beginn des Versuches 100000 Keime des B. coli commune im Cubikcentimeter enthielt, schon nach einstündiger Exposition in directem Sonnenlicht durch das Plattenverfahren keine Bacterien mehr nachgewiesen werden konnten.

Nach F. Wittlin[15]) soll das Sonnenlicht nach drei Stunden den Staphylococcus pyogenes aureus, das Bacterium coli und den B. pyocyaneus in trockenem Staub tödten, während dieselben in feuchtem Staub noch nach zwei Tagen lebensfähig sind; B. anthracis und Thyrothrix tennis konnten sowohl in begossenem als in nicht begossenem Strassenstaub in zwei Tagen durch das directe Sonnenlicht nicht abgetödtet werden.

Wittlin's[15]) Resultate über den Einfluss des Sonnenlichts auf Bacterien im Strassenstaub sind in folgenden beiden Tabellen zusammengestellt:

*) Wiener klin. Wochenschr., 1896, Nr. 52.

I.

	Nicht begossen			Begossen		
Dauer der Exposition . .	1 Tag	2 Tage	3 Tage	1 Tag	2 Tage	3 Tage
Durchschnittliche Keimzahl	490	142	18	1 597	6 533	5 100

II.

Der Staub lag vor der Untersuchung 5 Tage lang im Dunkeln.

	Nicht begossen			Begossen		
Dauer der Exposition . .	—	1 Tag	2 Tage	—	1 Tag	2 Tage
Durchschnittliche Keimzahl	—	24 920	216	—	25 133	114 000

Aus Tabelle I ersehen wir, dass in nicht begossenem Staub unter dem Einfluss des Sonnenlichtes mehr als 97% der Bacterien zu Grunde gehen, während im begossenen Staub sich dieselben trotz des Sonnenlichtes fast um das Vierfache am 2. Tage vermehrt haben, um erst am 3. Tage etwa um ein Fünftel an Zahl abzunehmen.

Tabelle II zeigt, dass die vernichtende Kraft der Sonne ganz ausserordentlich gross ist, wenn der Staub nicht besprengt wird, indem von den 24 920 Keimen am 2. Tage nur noch 216 leben, während sich dieselben in besprengtem Staub binnen 24 Stunden um das Viereinhalbfache vermehren.

Nach Kitasato[10]) und Koch wird der Vibrio cholerae durch Austrocknung schon in 2 bis 3 Stunden, durch das Sonnenlicht noch rascher getödtet.

So schädlich nun auch sowohl nach den Ergebnissen meiner eigenen Untersuchungen als denjenigen anderer Autoren der Einfluss des Sonnenlichtes und der Austrocknung auf die Bacterien einwirkt, so dürften doch die Angaben Wittlin's[15]) insofern etwas einzuschränken sein, als sie die bacterientödtende Kraft der beiden erwähnten Factoren doch zu gross angeben.

Auch von den Untersuchungen der übrigen angeführten Autoren weichen meine Resultate insofern ab, als die bacterientödtende Kraft der Sonne und der Einfluss der Austrocknung

nach meinen Untersuchungen geringer ist, als man bisher annahm.

Die Gründe dafür sind wahrscheinlich darin zu suchen, dass durch das Begehen und Befahren der Strassen, sowie durch andere Ursachen abwechselnd tiefere Schichten, in denen durch das Sonnenlicht die Bacterien nicht zerstört werden, an die Oberfläche gelangen, als auch darin, dass von oben her die Bodenoberfläche durch Menschen und Thiere, die mit Krankheitsprocessen behaftet sind, z. B. durch das Sputum, durch Faeces oder direct durch Eiter verunreinigt wird.

Aus diesen Untersuchungen geht also hervor, dass die Menge der lebensfähigen Keime in den besprengten Strassen eine grössere ist als in den nichtbesprengten, indem die letzteren durchschnittlich um mehr als das Doppelte von den ersteren an Zahl übertroffen werden.

Von den für den Menschen nachgewiesen pathogenen Spaltpilzen, den Staphylococcen, lässt sich allerdings kein wesentlicher Unterschied in den nicht besprengten und den besprengten Strassen nachweisen. Dennoch ist indessen die Thatsache an sich, dass mehrfach in nichtbesprengtem Strassenstaub Staphylococcen nachgewiesen wurden, nicht ohne Interesse.

Wenn nun auch für gewöhnlich in besprengtem Staub die Zahl der Bacterien um das Doppelte höher gefunden wird als in nichtbesprengtem, so sehen wir doch aus der unter Ziff. 3 angegebenen Berechnung, dass auf die Dauer auch in besprengten Strassen die Bacterienkeime vernichtet werden, indem das Procentverhältnis der in 26 Tagen unter dem Einfluss des Sonnenlichtes und der Austrocknung zu Grunde gehenden Bacterien in beiden Fällen fast genau das gleiche ist.

Ausserdem treten die Schädlichkeiten, welche etwa durch die in besprengtem Staub in doppelter Menge vorhandenen Bacterien hervorgerufen werden könnten und welche lediglich auf die Zersetzung organischen Materials zurückzuführen sein würden, zurück vor dem sanitären Nutzen, den die Besprengung zur Folge hat und welcher nicht nur in der Herabsetzung der Temperatur durch die Bindung der zum Verdunsten des versprengten

Digitized by Google

Wassers nöthigen Verdampfungswärme, sondern hauptsächlich in der Fixation des Staubes am Boden besteht, wodurch dem Entstehen von Staubinhalationskrankheiten, sowie infectiösen Erkrankungen der Respirationsorgane vorgebeugt wird.

Anders würden sich die Verhältnisse stellen, wenn statt einer Besprengung der Strassen überall eine Abspülung stattfinden würde, wie das in den Centren der grossen Städte zur regelmässigen Reinigung geschieht (Paris, Berlin).

Dann kann man die berechtigte Erwartung haben, dass mit der Abschwemmung sämmtlicher Unreinlichkeiten von den gut befestigten Strassendämmen natürlich auch die Bacterien abgespült und mit dem Canalwasser in geeigneter Weise entfernt werden.

Die Frage nach der rationellen Behandlung der Bürgersteige und Strassendämme zur heissen, trockenen Jahreszeit dürfte demnach am ehesten dahin beantwortet werden, dass vom bacteriologisch-hygienischen Standpunkt aus Sprengen oder Nichtsprengen sich etwa bezüglich der einzelnen dafür oder dagegen sprechenden Gründe die Wage halten, dass jedoch eine rationelle ideale Behandlung der Strassen zur heissen, trockenen Jahreszeit in dem öfteren, regelmässigen Abspülen derselben mit grösseren Wassermengen bestehen würde.

Zum Schlusse möge es mir noch gestattet sein, sowohl insbesondere Herrn Professor Dr. Schottelius für die Stellung des Themas und die werthvollen Rathschläge bei der Ausführung der Arbeit, als auch Herrn Dr. phil. C. Korn, und Herrn Dr. med. Friedr. Müller, für ihre freundliche Hilfe meinen tiefsten Dank auszusprechen.

Literatur.

1) H. Buchner, Ueber den Einfluss des Lichtes auf Bacterien. Centralblatt f. Bact., Bd. 11, S. 781; Bd 12, S. 217.

2) P. Chmelewsky, Zur Wirkung des Sonnen- und elektrischen Lichtes auf die Eiterbacterien. Wratsch 1892, Nr. 20.

3) A. Dieudonné, Beiträge zur Beurtheilung der Einwirkung des Lichtes auf Bacterien. Mittheil. aus d. kais. Gesundheitsamt, Bd. IX, S 405.

4) Kühner, Monographie. Berlin, Heusser's Verlag, S. 56.

5) G. Marpmann, Die Untersuchung des Strassenstaubes auf Tuberkelbacillen. Centralbl. f. Bact., 1893, Bd. 14, Nr. 8.

6) O. Meyrich, Staubpilze in der Schule und Vorschläge zu ihrer Beseitigung. Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege, Nr. 8 u. 9.

7) Raspe, Einfluss des Sonnenlichts auf Mikrobien. Diss. Severin, 1891. Institut Uffelmann.

8) E. Richter, Strassenhygiene etc. Handbuch der Hygiene von Dr. Weyl, Bd. II, Abth. 2, Heft 2.

9) C. Fränkel, Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroorganismen in verschiedenen Bodenschichten. Zeitschr. f. Hyg., Bd. 2, S. 521.

10) S. Kitasato, Die Widerstandsfähigkeit der Cholerabacterien gegen das Eintrocknen und gegen Hitze. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 5, S. 134.

11) C. Frankland, Ueber einige typische Mikroorganismen im Wasser und im Boden. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 6, S. 373.

12) J. Reimers, Ueber den Gehalt des Bodens an Bacterien. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 7, S. 307.

13) Beumer, Zur Bacteriologie des Bodens. Berliner medic. Wochenschrift, 1886, Nr. 27.

14) P. Fülle, Bacteriologische Untersuchungen des Bodens in der Umgebung von Freiburg i. B. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 10, S. 225.

15) F. Wittlin, Ueber die Einwirkung der Sonnenstrahlen auf den Keimgehalt des Strassenstaubes. Wiener klin. Wochenschr., 1896, Nr. 52, S. 1229.

Untersuchungen über die Beeinflussung der Serumalexine durch Bacterien.

Von

Dr. **Oskar Bail,**
Assistenten des Institutes.

(Aus dem hygienischen Institute der deutschen Universität in Prag.
Vorstand: Prof. Hueppe.)

I. Historische Einleitung.

Seit ihrer Entdeckung haben die keimtödtenden Eigenschaften des normalen thierischen Blutes, namentlich mit Rücksicht auf ihre Beziehung zum Immunitätsproblem, eine sehr verschiedene Werthschätzung erfahren. Naturgemäss ging mit der grösseren oder geringeren Bedeutung, die man ihnen beilegte, ein mehr oder weniger intensives Studium ihrer merkwürdigen Natur einher.

Schon lange vor Beginn der mit eigenen, streng wissenschaftlichen Methoden arbeitenden, bacteriologischen Epoche, wurden Beobachtungen gemacht, die auf ein eigenartiges Verhalten des Blutes, gegenüber den als Fäulniserregern bekannten Mikroorganismen hinzudeuten schienen.

Hieher gehören bereits in gewissem Sinne alle die zahlreichen Arbeiten, welche in die Streitfrage eingriffen, ob im lebenden Blute und Gewebe gesunder Thiere und natürlich auch des Menschen entwicklungsfähige Keime vorhanden seien oder nicht. Die zahlreichen, theilweise noch bis in den Anfang der 80er Jahre hineinreichenden Untersuchungen von van den Broek[1]),

1) van den Broek, Annal. der Chemie und Pharmacie, 1860, S. 75, cit. nach Hueppe, Arbeiten a. d. kais. Gesundheitsamt, II, S. 318.

Pasteur[1]), Billroth[2]), Zweifel[3]), Zahn[4]) u. v. A., konnten, mit unzureichenden Methoden und ohne jede, auch nur ungefähre Kenntnis der obwaltenden Verhältnisse unternommen, natürlich zu einem einwandfreien Resultate nicht führen.

Als die Frage nach dem Vorhandensein von lebenden Bacterien im Blute gesunder Thiere mit voller Sicherheit im negativen Sinne entschieden werden konnte, war auch »die Fähigkeit lebenden Blutes, Bacterien zu tödten« (Fodor)[5]) entdeckt. — Hatten schon einzelne der citirten Forscher feststellen können, dass ein, unter gehörigen Vorsichtsmaassregeln entnommenes und aufbewahrtes Blut sich lange Zeit hindurch unzersetzt und unverändert erhält, so brachten die Arbeiten von Lewis und Cunningham[6]), sowie die von Traube und Gscheidlen[7]), Anfangs der 70er Jahre einen weiteren Fortschritt. Genannte Untersucher spritzten lebenden Thieren bacterienreiche Flüssigkeiten direct in die Blutbahn ein und Traube und Gscheidlen konnten nachweisen, dass Blut, welches nur kurze Zeit nach directer Injection von Fäulniskeimen dem Thiere entnommen worden war, sich völlig unverändert hielt, sobald es nur entsprechend entnommen und weiter aufbewahrt wurde. Sie leiteten consequenter Weise aus diesem Befunde den Schluss ab, dass die eingebrachten Keime vernichtet worden sein mussten.

1) Pasteur, Comptes rendus, Bd. 56, S. 738 f.

2) Billroth, Die Vegetationsformen der Coccobakteria septica. Wien 1874.

3) Zweifel, Zeitschrift für physiol. Chemie, 1882, VI, S. 386.

4) Zahn, citirt nach v. Fodor.

5) v. Fodor, Bacterien im Blute lebender Thiere. Arch f. Hyg., 1886, IV, S. 129. Daselbst auch eine ausführliche Zusammenstellung der älteren Literatur.

6) Lewis und Cunningham, cit. nach Buchner. Arch. f. Hyg., X, S. 90.

7) Traube und Gscheidlen, Ueber Fäulnis und den Widerstand der lebenden Organismen gegen dieselbe. Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur, 1874.

Digitized by Google

Im Jahre 1884 konnte Grohmann[1]) feststellen, dass auch extravasculäres Blut auf Bacterien, Hefe und Schimmelpilze einen sehr ungünstigen Einfluss ausübe.

Die Einführung der noch jetzt gebräuchlichen Züchtungsmethoden gestattete es v. Fodor[2]), mit Sicherheit die Anwesenheit von lebensfähigen Keimen im Blute gesunder Kaninchen zu verneinen; auch wenn die getödteten Thiere bereits Fäulniserscheinungen zeigten, fand er das Blut auffallend arm an Bacterien. Spritzte er selbst ungeheure Mengen lebender, nicht pathogener Spaltpilze in die Blutbahn ein (Bac. subtilis, Megatherium, »Bact. termo«), so waren dieselben schon nach Verlauf weniger Stunden nicht mehr im Blute aufzufinden. v. Fodor nimmt mit voller Bestimmtheit als Grund dieser Erscheinung eine keimvernichtende Eigenschaft des Blutes an.

Versuche in ähnlicher Weise stellte in grossem Maassstabe im Jahre 1886 Wyssokowicz[3]) mit dem wesentlich gleichen Resultate an. Er deutete jedoch das Verschwinden der Bacterien anders als v. Fodor und bezog es nicht so sehr auf eine vom Blute ausgehende Abtödtung, als vielmehr auf eine Art von Filtration des bacterienreich gemachten Blutes durch die Organe und auf eine Ablagerung der Mikroorganismen im Capillargebiete. Doch war auch Wyssokowicz gezwungen, anzunehmen, dass »die in den inneren Organen abgelagerten Bacterien . . . ebendort grösstentheils zu Grunde gehen«.

Die Versuche, welche im lebenden Thierkörper, das Schicksal der in den Kreislauf injicirten saprophytischen und pathogenen Mikroorganismen verfolgten, gestatteten nicht viel mehr als die Beantwortung der Frage, ob und höchstens wie viele der eingeführten Bacterien nach einer bestimmten Zeit im circulirenden Blute vorhanden seien; und selbst die Constatirung ihres Verschwindens konnte damals, wie die Versuche von Wyssokowicz zeigten, nicht eindeutig auf das Vorhandensein keim-

1) Grohmann, Dissertation, cit. nach Buchner.

2) a. a. O.

3) Wyssokowicz, Ueber die Schicksale der ins Blut inficirten Mikroorganismen im Körper der Warmblüter. Zeitschr. f. Hyg., I, 1886, S. 3 ff.

vernichtender Einflüsse bezogen werden. Jedenfalls wurde ein Aufschluss über die Art und Weise, wie Bacterien und Blut aufeinander einwirken, in keiner Weise gegeben.

Es muss daher als ein grosser Fortschritt auf diesem Gebiete bezeichnet werden, dass man begann, die Verhältnisse des extravasculären Blutes und anderer Gewebsflüssigkeiten zu studiren. Die Veranlassung dazu bildete in mehr oder weniger deutlich ausgesprochener Weise die Aufstellung der Phagocytentheorie von Metschnikoff[1)2)3)]. Man suchte vornehmlich den Nachweis zu liefern, dass auch ausserhalb der Zellen lebende Bacterien zu Grunde gehen können. Die Folge davon waren die ausgedehnten Untersuchungen von Nuttall, Nissen, Behring und namentlich von Buchner und seiner Schule.

Nuttall[4)] stellte zunächst gegenüber Metschnikoff fest, dass eine Vernichtung von Bacterien im lebenden Körper den Phagocyten allein nicht zukomme. Er sah in mikroskopischen Beobachtungen Bacterien nicht nur ausserhalb von Zellen degeneriren, sondern auch in Flüssigkeiten, wie Humor aqueus, absterben, die von vornherein keine Leukocyten enthalten hatten. Seine Ansicht über bactericide Wirkung der Körperflüssigkeiten stützte er durch Culturversuche. — Solche hatte bereits ein Jahr früher v. Fodor[5)] unternommen. In Wiederholung seiner früheren Versuche[6)] injicirte er zunächst in die Blutbahn von Kaninchen diesmal pathogene Bacterien (Milzbrand) und fand, dass schon kurze Zeit nach der Injection aus dem Herzblute nur äusserst wenige Colonien mehr gezüchtet werden konnten.

---

1) Metschnikoff, Ueber eine Sprosspilzkrankheit der Daphnien. Virchow's Archiv, XCVI.

2) Metschnikoff, Ueber den Kampf der Zellen gegen die Erysipelcoccen. Virchow's Archiv, CVII, 209.

3) Metschnikoff, Sur la lutte des cellules de l'organisme contre l'invasion des microbes. Ann. de l'Inst. Past., 1887, I, S. 321.

4) Nuttal, Experimente über die bacterienfeindlichen Einflüsse des thierischen Körpers. Zeitschr. f. Hyg., 1888, IV, S. 353 ff.

5) v. Fodor, Die Fähigkeit des Blutes, Bacterien zu vernichten. Deutsche medic. Wochenschr., 1887, Heft 34.

6) Arch. f. Hyg., IV, S. 140—144.

Brachte er Bacillen in Blutproben, die er bei Bluttemperatur aufbewahrte, so konnte er ein Absterben der eingesäten Keime feststellen, fand aber auch, dass auf die Periode der Abtödtung eine solche der stärksten Vermehrung folge.

Nuttall vermied den Fehler, der in den Fodor'schen Versuchen durch die rasch eintretende Gerinnung des Blutes gegeben war, dadurch, dass er das dem Thiere aseptisch entnommene Blut, vor seiner Verwendung defibrinirte. Impfte er die gleichmässig vertheilten, stets auf einer Temperatur von ca. 37° gehaltenen Blutproben mit lebenden Bacterien, so fand binnen kurzer Zeit ein starkes Absinken der ursprünglichen Zahl statt. Gleich v. Fodor beobachtete er, dass, wenn nicht alle Bacterien von vornherein abgetödtet wurden, nach einiger Zeit eine Vermehrung derselben eintrat, dass das Blut verschiedener Thiere für den gleichen Mikroorganismus verschieden wirksam sei, sowie dass das Blut derselben Thiergattung verschiedene Arten von Bacterien quantitativ sehr ungleichmässig beeinflusst. Er stellte ferner fest, dass das keimtödtende Vermögen bei längerer Aufbewahrung, sowie bei Einwirkung höherer Temperaturen verloren geht.

Nissen[1]) konnte ein Jahr später die Ergebnisse der Nuttall'schen Arbeit vollständig bestätigen und hatte, bei Zurückweisung der Assimilationstheorie von Petruschky[2]), bereits Gelegenheit, auf einen später wichtig gewordenen Einwand gegen die bactericide Fähigkeit des Blutes einzugehen, indem er zeigte, dass das Absterben der Keime durch Mangel assimilirbarer Nährstoffe nicht bedingt sein könne. Er fand weiter, dass zwischen der Keimabtödtung des Blutes und der Zahl der zugefügten lebenden Bacterien eine gewisse Beziehung bestehe, insofern es »einen maximalen Zusatz von Bacterien gibt, über den hinaus die Abtödtung eine unvollkommene wird«.

1) Nissen, Zur Kenntnis der bacterienvernichtenden Eigenschaft des Blutes. Zeitschr. f. Hyg., 1889, VI, S. 487.

2) Petruschky, Untersuchungen über die Immunität des Frosches gegen Milzbrand. Ziegler's Beiträge z. pathol. Anat. u. allg. Path., 1888, III, S. 375.

Digitized by Google

In Verfolgung dieser wichtigen Ermittlung stellte er fest, dass das Blut von Thieren, welchen unmittelbar vor der Blutentnahme grosse Mengen lebender Bacterien direct in das Gefässsystem injicirt worden waren, an seiner bactericiden Kraft eine Einbusse erlitten habe. Von den Ursachen, auf die er diese Thatsache bezog, konnte er das Vorhandensein »chemischer, mit der Bacterienaufschwemmung in die Blutbahn eingeführter Stoffe« auf Grund eigener Versuche ausschliessen, so dass er als Ursache eine Erschöpfung der keimwidrigen Eigenschaft des Blutes durch die vorangegangene Abtödtung zahlloser Keime ansieht.

Mit grosser Vorsicht spricht sich Nissen[1]) über ein eigenes Phänomen aus, welches er bei diesen Untersuchungen zu beobachten Gelegenheit hatte. Injicirte er in die Gefässe eines Kaninchens grosse Mengen einer aus Wasser gezüchteten Coccenart, so war die keimtödtende Kraft des extravasculären Blutes zwar für den gleichen Coccus sehr erheblich herabgemindert, nicht aber für den Choleravibrio und den Typhusbacillus. Diese Erscheinung, welche sich bei weiteren Versuchen mutatis mutandis wiederholte, konnte weder dadurch erklärt werden, dass die Coccen auf der Platte die Choleracolonien nicht aufgehen liessen, noch dadurch, dass etwa auch normales Blut, bei gleichzeitiger Einsaat des Coccus und des Choleravibrio, nur den letzteren vernichtet hätte, den ersteren aber nicht. Denn normales Blut tödtete zusammen eingesäte Choleravibrionen und Coccen binnen 10 Minuten ab und in Controlversuchen wuchsen beide nebeneinander auf derselben Platte. »Daraus folgt, dass die Erhaltung der Coccen in der Eigenthümlichkeit des durch Cocceninjection veränderten Blutes begründet liegt«.

Es ist auffallend, dass diese interessanten Versuche zunächst so unbeachtet blieben, dass davon z. B. in dem Referate von Petruschky[2]) über die Arbeit von Nissen nichts erwähnt

1) a. a. O. S. 498.

2) Baumgarten's Jahresbericht, 1889, V, S. 523. 524.

Digitized by Google

wird. Um so auffallender, als ungefähr gleichzeitig mit Nissen, Buchner[1][2]), die Arbeiten aller seiner Vorgänger controlirend und eine Fülle neuer Thatsachen beibringend, seine ersten Mittheilungen veröffentlichte, denen im nächsten Jahre die ausführliche Publication folgte.[3])

Auch Buchner, der die Schlüsse, zu denen Nissen gelangt war, kritisch wiedergibt, führt, wie es Nissen selbst gethan hatte, die Erfahrung des Sinkens der bactericiden Kraft des Blutes, nach vorangegangener Bacterieninjection, auf dieselben nicht näher bekannten Ursachen zurück, wie sie dem Versagen der Bactericidie bei aller reichlicher Einsaat in das extravasculäre Blut zu Grunde liegen; über die Versuche von Nissen mit den ungleichartigen Bacterien spricht er sich nicht aus. Buchner fand, dass den bereits bekannten Eingriffen, die mit Verlust der bactericiden Wirkung des defibrinirten Blutes einhergehen, noch das Gefrierenlassen zuzurechnen sei und konnte nachweisen, dass dieses Unwirksamwerden auf eine Paralysirung des bacterienschädlichen Einflusses durch Nährstoffe beruhe, welche beim Zerfall der rothen Blutkörperchen frei werden. Er bewies die Möglichkeit des Zugrundegehens pathogener Bacterien im intravasculären Blute zahlenmässig, bestimmte die Haltbarkeit der Bactericidie und stellte fest, dass dem völlig zellfrei gemachten Serum dieselbe Wirkung wie dem Gesammtblute zukomme. Wie die des Blutes, so wird auch die Serum-Wirkung durch Erhitzen auf 55—60° aufgehoben, nicht aber durch Einfrieren, selbst wenn dies mehrfach wiederholt wird. Weiterhin untersuchte er den Einfluss, den die Neutralisation der alkalischen Serumreaction und die Entfernung der Kohlensäure auf die Stärke der Keim-

1) Buchner, Ueber die bacterientödtende Wirkung des zellenfreien Blutserums. Vortrag, gehalten in der morphol. physiol. Gesellschaft zu München am 7. Mai 1889. Centralbl. f. Bacteriol., 1889, V, S. 817. VI, S. 1.

2) Buchner, Ueber die nähere Natur der bacterientödtenden Substanz im Blutserum. Centralbl. f. Bacteriol., 1889, VI, S. 561.

3) Buchner (theilweise in Gemeinschaft mit Fr. Voit, G. Sittmann und M. Orthenberger), Untersuchungen über die bacterienfeindlichen Wirkungen des Blutes und Blutserums. Arch. f. Hyg., 1890, X, S. 84.

Digitized by Google

vernichtung anziehe und entschied, dass diese Manipulationen unschädlich seien.

Behring[1]) hatte nämlich im Jahre 1888 gefunden, dass das Blut der milzbrandimmunen Ratte den Milzbrandbacillus nicht wachsen lasse, was er mit der relativ starken Alkalität des Rattenblutes umso leichter in Zusammenhang brachte, als er fand, dass diese hemmende Wirkung durch Zusatz von Säuren beseitigt werden könne. Im Jahre 1889[2]) berücksichtigte er auch den Gehalt des Blutes an Kohlensäure, als eines möglichen Grundes für das gehinderte Wachsthum, sich dabei auf eine ähnliche Vermuthung von Gamaleïa[3]) stützend. Die Ansicht, dass die Bactericidie thierischer Flüssigkeiten durch die in ihnen enthaltene Kohlensäure bedingt sei, kehrt übrigens scharf formulirt bei de Christmas[4]) wieder.

Hingegen stellte Buchner fest, dass Dialyse das Serum seiner keimfeindlichen Eigenschaften beraubt, was auf den Verlust des normalen Salzgehaltes zu beziehen ist und daher in ähnlicher Weise auch durch Verdünnung mit destillirtem Wasser erzielt werden kann.

Als das im Serum wirksame Princip müssen Eiweisskörper betrachtet werden und »diese wirken nicht an sich auf die Bacterien, sondern nur soferne sie sich im »wirksamen Zustande« befinden«.

Die folgende Zeit wird weniger durch das Studium dieser activen Eiweisskörper des Serums charakterisirt, denen Buchner den Namen »Alexine« gab, als durch Angriffe auf ihre thatsächliche Existenz. Da diese Angriffe, widerlegt namentlich durch den Hinweis auf die Thatsache der Inactivirung, d. h. Zerstörung der bactericiden Kraft des Blutes bei 55°, nur noch

1) Behring, Ueber die Ursache der Immunität von weissen Ratten gegen Milzbrand. Centralbl. f. klin. Medic., 1888, Nr. 38.

2) Behring, Beiträge zur Aetiologie des Milzbrandes. Zeitschr. f. Hyg., 1889, VI, S. 117.

3) Gamaleïa. Annales de l'Inst. Pasteur, 1888, II, S. 517.

4) De Christmas, Étude sur les substances microbicides du sérum et des organes d'animaux à sang chaud. Ann. de l'Institut, 1891, V, S. 487

historischen Werth haben, möge es genügen auf einige diesbezügliche Arbeiten von de Christmas[1]), Jetter[2])[3]), und Szekely[4]) hinzuweisen. Fodor[5])[6]), dessen aus dem Jahre 1890 herrührende Arbeit bemerkenswerthe Angaben über die Wirkungsweise des Blutes unter verschiedenen Umständen enthielt, scheint geneigt dem Alkalescenzgrade desselben eine grosse Bedeutung beizumessen, eine von Behring herrührende Ansicht; Fodor konnte durch Erhöhung der Alkalität des Blutes nicht nur eine Steigerung der mikrobiciden Kraft, sondern beim lebenden Thiere eine gewisse Beeinflussung der Infection erzielen (Milzbrand).[7]) Hierin schliesst sich Calabrese[8]) an, während Chor[9]) früher die Ergebnisse v. Fodor's nicht bestätigen konnte und auch Behring[10]) widersprochen hatte. In gewissem Sinne gehören hieher auch die Arbeiten von Emmerich, Tsuboi, Steinmetz und Löw[11]), deren Veröffentlichung eine Discussion

1) Siehe Anmerkung 4 auf Seite 291.

2) Jetter, Untersuchungen über die »bactericide« Eigenschaft des Blutserums. Arbeiten aus dem Gebiete der pathologischen Anatomie und Bacteriologie. Herausgegeben von Baumgarten, 1892, I.

3) Jetter, Ueber Buchner's »Alexine« und ihre Bedeutung für die Erklärung der Immunität. Centralbl. f. Bacteriol., 1893, XIV, S. 724.

4) v. Szekely, Beiträge zur Lehre von der sogenannten mikrobiciden Kraft des Blutes. Verhandlungen des 8. intern. Congr. f. Hyg. u. Demogr. v. 1.—9. Sept. 1894. Budapest 1896, S. 40—44.

5) v. Fodor, Neuere Untersuchungen über die bacterientödtende Wirkung des Blutes und über Immunisation. Centralbl. f. Bacteriol., 1890, VII, S. 753.

6) v. Fodor, De l'alcalinité du sang à la suite d'une infection. Verhandlungen des Congresses etc. Budapest 1896. S. 34.

7) v. Fodor, Ueber die Alkalicität des Blutes und Infection. Centralbl. f. Bacteriol., 1895, XVII, S. 224.

8) Calabrese, cit. nach Baumgarten's Jahresbericht, 1895, XI, S. 561.

9) Chor, Traitement du charbon pour le bicarbonate de sonde, d'après la méthode de M. Fodor. Annales de l'Institut Pasteur, 1891, IX, S. 337.

10) Behring, Ueber Desinfection, Desinfectionsmittel und Desinfectionsmethoden. Zeitschr. f. Hyg., 1890, IX, S. 395 ff.

11) Emmerich, Tsuboi, Steinmetz und Löw, Ist die bacterientödtende Eigenschaft des Blutserums eine Lebensäusserung oder ein rein chemischer Vorgang? Centralbl. f. Bacteriol., 1892, XII, S. 364 ff., 417 ff., 449 ff.

zwischen Buchner[1]) und Emmerich und Tsuboi[2]) hervorrief.

Nur kurz möge auf Arbeiten von Stern[3]), Prudden,[4]) Tria[5]) u. A. hingewiesen sein, welche die keimtödtende Wirkung auch in anderen Gewebsflüssigkeiten nachwiesen, sowie auf Versuche, die wesentlich gegen die Behauptung gerichtet waren, dass es sich bei dem Absterben von Mikroorganismen im extravasculären Blute lediglich um Tödtung durch geänderte physikalische etc. Verhältnisse handle (Kionka,[6]) Szekely und Szanna[7]), Einwände, die mehr oder weniger schon im Jahre 1889 von Metschnikoff[8]) erhoben und von Buchner[9]) zurückgewiesen worden waren.

Auf die sehr zahlreichen Arbeiten, welche die bactericide Eigenschaft der Gewebssäfte mit der Immunität in Einklang zu bringen oder abzuweisen versuchen, kann natürlich nur insofern eingegangen werden, als sie geeignet sind, den Einfluss, welchen Bacterien auf die Serumalexine nehmen, zu beleuchten.

1) Buchner, Ueber die bacterientödtende Wirkung des Blutserums. Ebenda S. 855.

2) Emmerich und Tsuboi, Ueber die Erhöhung und Regeneration der mikrobiciden Wirkung des Blutserums. Ebenda XIII, S. 575

3) Stern, Ueber die Wirkung des menschlichen Blutes und anderer Körperflüssigkeiten auf pathogene Mikroorganismen. Zeitschr. f. klin. Medic. 1890, XVIII, S. 1.

4) Prudden, cit. nach Buchner. Arch. f. Hyg., Jubelband 1893, S. 114.

5) Tria, cit. nach Baumgarten's Jahresbericht, 1891, S. 495.

6) Kionka, Versuche über die bacterientödtende Wirkung des Blutes. Centralbl. f. Bacteriol., 1892, XII, S. 321.

7) v. Szekely und Szanna, Experimentelle Untersuchungen über die Veränderungen der sog. mikrobiciden Kraft des Blutes während und nach der Infection. Centralbl. f. Bacteriol., 1892, XII, Heft 2/3, S. 61; Heft 4/5, S. 139.

8) Metschnikoff in einer kritischen Besprechung, Annales de l'Institut Pasteur, 1890, III, S. 664.

9) Buchner, Ueber den Einfluss höherer Concentration des Nährmediums auf Bacterien. Centralbl. f. Bacteriol., 1889, VIII, S. 65.

Seit jeher hatte Lubarsch[1][2][3]) auf die Erscheinung aufmerksam gemacht, und Andere waren ihm in ähnlicher Weise gefolgt, dass das extravasculäre Blut eines Thieres bactericid auf einen Bacillus wirken kann, für den dasselbe Thier empfänglich ist, ja dass eine relativ kleine Menge Blutes in vitro weit mehr Bacillen zu tödten vermag als hinreichen, um das blutliefernde Thier selbst tödtlich zu inficiren. Dieses Missverhältnis, welches auf eine Verschiedenheit der bactericiden Wirkung innerhalb und ausserhalb des Körpers hinzuweisen schien, wurde von verschiedenen Seiten zu erklären versucht.

Buchner[4][5]) berichtete am Congresse zu London 1891 über Versuche, bei denen er Bacterien nicht direct ins Serum einsäte, sondern Wattebäuschchen mit Culturflüssigkeit tränkte und dann diese in das Serum einbrachte. Während die in der Controle frei zugefügten Bacterien abstarben, vermochten die anderen die Alexine des Serums allmählich zu überwinden und vermehrten sich reichlich.

Buchner führt diese Erscheinung darauf zurück, dass die Testbacterien in den tieferen Schichten des Wattepäckchens geschützt waren, während das Serum die an die Oberfläche tretenden Bacterien stets vernichtete, womit schliesslich eine Erschöpfung der Alexine verbunden war. Dadurch, dass ins Blut gelangte Bacterien im Capillargebiete mit geringem Serumzuflusse stehen bleiben, entgehen sie der Vernichtung und vermehren sich. Ist aber die Vermehrung einmal erfolgt, so kann das bactericide Vermögen des Blutes nicht mehr genügen, da »jede

1) Lubarsch, Ueber die bacterienvernichtenden Eigenschaften des Blutes und ihre Beziehungen zur Immunität. Centralbl. f. Bacteriol., 1889, VI, Nr. 18/19, S. 481; Nr. 20, S. 529.

2) Lubarsch, Untersuchungen über die Ursachen der angeborenen und erworbenen Immunität, 1891. Berlin, Hirschwald.

3) Lubarsch, Zur Theorie der Infectionskrankheiten. In: Zur Lehre von den Geschwülsten und Infectionskrankheiten, 1899. Wiesbaden, Bergmann.

4) Buchner. Im Referat über den Londoner Congress. Centralbl. f. Bacteriol., 1891, X, S. 710. 711.

5) Buchner, Die Forschungsmethoden in der Immunitätsfrage. Centralbl. f. Bacteriol., 1891, X, S. 727.

Digitized by Google

Volumeinheit eines bestimmten Blutes oder Serums nur eine beschränkte Zahl von Bacterien bestimmter Art zu tödten vermag«. Von dem Gedanken ausgehend, dass es sich nicht um einfache »Erschöpfung der Alexine« beim Unwirksamwerden von Körperflüssigkeit durch Bacterien handle, veranlasste Buchner die Versuche von Schneider[1]).

Schneider setzte dem zu prüfendem Blute oder Serum sterilisirte, filtrirte oder nicht filtrirte Bouillonculturen zu und fand, dass dadurch die Alexinwirkung im Vergleich mit entsprechend hergestellten Controlproben vermindert sei. Die Alexine werden also durch die Zersetzungsproducte der Bacterienzelle geschädigt; ob »die Stoffwechselproducte, die Ptomaine und Toxalbumine oder aber die Leibessubstanzen der Bacterien selbst, die Bacterien-Protëine« das Wirksame seien, lässt Schneider unentschieden.

Auch auf andere Weise versuchte man es, die von Lubarsch hervorgehobenen Widersprüche auszugleichen.

Hieher gehört die Beobachtung von Behring und Nissen[2]), dass mit der Erlangung von Immunität das Blut von Meerschweinchen bactericide Eigenschaften, dem V. Metschnikoff gegenüber, annimmt, welche dem von normalen Thieren nicht zukommt, eine Thatsache, die Metschnikoff[3]) ein Jahr darauf bestätigte.

Andere Untersucher suchten durch Beobachtung des Verhaltens der Bactericidie im Verlaufe einer Infection Aufschluss zu erhalten.

Charrin und Roger[4]) fanden, dass im Blute und Serum von mit Pyocyaneus inficirten Kaninchen ein weit schlechteres

---

1) Schneider, Einfluss von Zersetzungsstoffen auf die Alexine. Arch. f. Hyg., 1897, XXVIII, S. 93.

2) Behring und Nissen, Ueber bacterienfeindliche Eigenschaften verschiedener Blutserumarten. Zeitschr. f. Hyg., 1890, VIII, S. 412.

3) Metschnikoff, Études sur l'immunité. 4. mémoire. Annales de l'Institut Pasteur, 1891, V, S. 465.

4) Charrin und Roger, Action du sérum des animaux malades ou vaccinées sur les microbes pathogènes. Bei Szekely und Szanna, Nr. 46.

Wachsthum des Pyocyaneus stattfinde als in dem gesunder. Lubarsch[1]) hingegen constatirte, dass 8 Stunden oder noch etwas früher, nach erfolgreicher Anthraxinfection, das Kaninchenblut unwirksam geworden sei. Ganz entgegengesetzt fanden v. Szekely und Szanna[2]), dass im Blute milzbrandkranker Kaninchen noch bactericide Einwirkungen vorhanden sind und erst schwinden, sobald die wuchernden Bacillen den Kreislauf überschwemmt haben. Aehnlich lagen die Verhältnisse für den Staphylococcus. Injicirten sie hingegen dichte Aufschwemmungen von Choleravibrionen, so verlor das Blut seine mikrobicide Kraft, die es aber in erhöhtem Grade wiedergewann, sobald das Versuchsthier sich erholt hatte und die Choleravibrionen aus dem Kreislaufe verschwunden waren. Bastin[3]) fand, dass nach Injection grosser Bacterienmengen die bactericide Kraft des Blutes binnen wenigen Minuten rapid abnimmt und zwar um so stärker je mehr Bacterien eingespritzt wurden. Da die gleichen Resultate erhalten werden, ob man nun lebende, durch Chemikalien oder durch Hitze abgetödtete Culturen verwendet, so muss es sich dabei um eine Einwirkung der Zellen selbst auf das Blut handeln. Uebrigens wird schon wenige Stunden später das normale Verhalten wiederhergestellt. Im Gegensatz zu Nissen fand Bastin, dass ein durch Bacterienüberschwemmung unwirksam gewordenes Blut auch andersartigen, als den injicirten Microben gegenüber an keimvernichtender Kraft verloren habe. Deny's und Kaisin[4]), die sich eingehend mit der Widerlegung der Angriffe Jetters befassten, bestätigten die Hauptergebnisse von Bastin, zeigten, dass auch durch Zusatz todter Bacterien zum extravasculären Blute das bactericide Vermögen leide und dass das Hundeserum, welches an sich dem Milzbrandbacillus

1) a. a. O. Nr. 50, S. 136.

2) a. a. O. Nr. 46.

3) Bastin, Contribution à l'étude du pouvoir bactéricide du sang. La Cellule, 1892, VIII, S. 383.

4) Denys und Kaisin, Recherches à propos des objections récemment élevées contre le pouvoir bactéricide du sang. La Cellule, 1893, IX, S. 335.

gegenüber so gut wie inoffensiv ist, mikrobicid wird nach stattgehabter Infection. Aehnliches fand Gatti[1]) bei Infection von Kaninchen mit Pneumococcus und Anthrax. Bezüglich der Pneumococceninfection beim Menschen hatte Rovighi[2]) 1890 gefunden, dass dabei die keimtödtende Kraft des Blutes gegenüber Staphylococcen, Pneumococcen und Typhusbacillen herabgesetzt sei.

Die Arbeit von Bonaduce[3]) knüpft an die gehaltvollen, theoretischen Erwägungen von Kruse an.[4]) Sollen Mikroorganismen im Blute lebender Thiere wachsen, so müssen sie im Stande sein, sich der hier angehäuften und stets erneuten Schutzstoffe, der Alexine, zu erwehren. Dazu dienen ihnen »specifische Producte, denen die Eigenschaft zukommt, die Alexine zu neutralisiren«; diese Stoffe nennt Kruse »Lysine«, für deren specifische Natur die Versuche Nissens zu sprechen scheinen, die aber noch näher erwiesen werden muss.

Als Lysinwirkung bezeichnet nun Bonaduce die Wirkung von abgetödteten Milzbrandbacillen, die einer Probe von Kaninchenserum zugesetzt, das Wachsthum neu eingesäter begünstigt. Diese Versuche werden am Schlusse der Arbeit kritisch besprochen werden müssen.

Lubarsch[5]) vertritt demgegenüber in seiner neuesten Arbeit, gestützt auf eigene und theilweise auf die Versuche Rosatzin's[6]), seine frühere Ansicht, nach welcher für die Beziehung

1) Gatti, Riforna medica, 1893, cit. nach Baumgarten's Jahresbericht, IX, S. 595.

2) Rovighi, Sull' azione microbicida del sangue in diverse condizioni dell' organismo. Rif. medic., 1890, Nr. 10.

3) Bonaduce, Ueber Beziehungen des Blutserums von Thieren zur natürlichen Immunität. Ziegler's Beiträge, 1893, XII, S. 353.

4) Kruse, Bemerkungen über Infection, Immunität und Heilung. Ziegler's Beiträge, 1893, XII, S. 333.

5) Lubarsch a. a. O. Nr. 51, S. 209 ff.

6) Rosatzin, Untersuchungen über die bacterientödtenden Eigenschaften des Blutserums und ihre Bedeutung für die verschiedene Widerstandsfähigkeit des Organismus. In Lubarsch: Zur Lehre von den Geschwülsten und Infectionskrankheiten. Wiesbaden 1899, S. 75 ff.

der bactericiden Eigenschaften des Blutserums zur Widerstandsfähigkeit gegen Infectionen beweiskräftige Thatsachen nicht vorliegen.

Die Beobachtungen zahlreicher Autoren über das Verhalten der Bactericidie bei verschiedenen körperlichen Zuständen (Entmilzung, Hunger, Vergiftung etc.) können, als dem Zwecke vorliegender Arbeit ferner stehend, übergangen werden. Hingegen mögen die Ergebnisse, welche die Untersuchung nach der näheren Natur der Alexine brachte, kurz erwähnt sein.

Buchner[1][2]), dessen grösseren 1893 veröffentlichten Arbeiten mehrere kleinere Mittheilungen vorangegangen waren, betonte nochmals, unter Anführung seines bereits citirten Watterserumversuches, die Beziehungen zwischen Serum und Menge der in dasselbe eingebrachten Bacterien, studirte die globulicide Eigenschaft des Serums, die er wegen ihrer Uebereinstimmung im Verhalten gegen Hitze, Luft, Licht etc. mit der bactericiden in Verbindung zu bringen geneigt ist, versuchte die active Substanz durch Ausfällen der Eiweisskörper zu isoliren und studirte schliesslich in ungemein mühevollen Versuchen den Einfluss, welchen die Anwesenheit von Neutralsalzen und von Trocknung auf die Wirksamkeit der Alexine und anderer mehr oder weniger labiler Körper ausübt.

Dass die keimtödtende Wirkung sich auch auf die Dauerformen erstrecken könne, bewiesen Peckelharing[3]) hauptsächlich im Thierkörper, Lecleff[4]) und Halban[5]); auch Buchner und Lubarsch hatten sich davon überzeugen können.

---

1) Buchner, Weitere Untersuchungen über die bacterienfeindlichen und globuliciden Wirkungen des Blutserums. Arch. f. Hyg., 1893, Jubelband für Pettenkofer, S. 112.

2) Buchner, Ueber den Einfluss der Neutralsalze auf Serumalexine, Enzyme, Toxalbumine, Blutkörperchen und Milzbrandsporen. Ebenda S. 138.

3) Peckelharing, La propriété bactéricide du sang. La semaine médic., 1892, p. 508.

4) Lecleff, Étude sur l'action sporicide des humeurs. La Cellule, 1894, X, S. 349.

5) Halban, Recherches sur l'action sporicide du sérum. Annales de l'Institut Pasteur, 1898, XII, no. 7, p. 417.

Die Arbeit von Vaughan und Mc. Clintock[1]) behauptete die Nucleïnnatur der germiciden Substanz des Blutserums; in der That gelang es den Verfassern, aus grossen Serummengen ein Nucleïn mit keimschädlichen Eigenschaften herzustellen. Präparate, die ein ebensolches Vermögen aufwiesen, waren aus Organen schon früher von Hankin[2]) und de Christmas[3]) hergestellt worden, und Bitter[4]) unterzog sich der Aufgabe, die Angaben beider Untersucher nachzuprüfen.

Diese Arbeiten können den Uebergang bilden zu denen, welche die jüngste Zeit der diesbezüglichen Forschung charakterisiren und welche, so gut wie ausschliesslich, die Frage nach der Herkunft der Alexine behandeln. Ein ganz natürlicher Entwicklungsgang, da ja die keimwidrigen Blutstoffe, sollen sie überhaupt im Organismus eine Bedeutung haben, fortwährend einer Erneuerung bedürfen und diese Erneuerung nur von Zellen ausgehen kann.

Schon zu einer Zeit, wo die humorale und die zwar cellulare, aber ausschliesslich phagocytär gedeutete Theorie Metschnikoff's einander noch ganz unvermittelt gegenüberstanden, forderte Hueppe[5]), dass man neben der chemisch-humoralen Theorie die biologisch-cellulären Thatsachen nicht ausser Acht lassen dürfe. Eine gewisse Verschmelzung der ursprünglichen rein humoralen mit der rein phagocytären Anschauung wurde durch die Arbeiten der letzten Zeit, welche die Herkunft der Alexine von Leukocyten ableiten, angebahnt. Freilich gestatten die sehr zahlreichen, dieses Thema behandelnden Versuche (Hankin, Buchner, Massart und Bordet, Denys, Denys und Havet, Havet, van de Velde, Hahn, Schattenfroh,

1) Vaughan and Mc. Clintock, The nature of the germicidal constituents of blood serum. Medical news, 1893. Autoreferat in Centralbl. f. Bacteriol., 1894, XV, S. 520.

2) Hankin, cit. bei Bitter.

3) de Christmas, a. a. O. Nr. 28, S. 504.

4) Bitter, Ueber die bacterienfeindlichen Stoffe thierischer Organe. Zeitschr. f. Hyg., 1892, XII, S. 328.

5) Hueppe, Fortschritte der Medicin, 1890, VIII, Nr. 13.

Bail, Däubler) noch nicht, ein absolut unzweideutiges Resultat zu ziehen.

II. Versuche über die Einwirkung lebender Bacterien auf die Alexine des Serums.

Aus dem Ueberblicke über die wichtigste Literatur des Gegenstandes sind folgende Momente bekannt geworden, die auf eine Beeinflussung der Serumalexine durch lebende Mikroorganismen hinweisen:

1. Je grösser die Zahl der Bacterien ist, welche einem Serum zugesetzt werden, um so weniger tritt eine abtödtende Wirkung desselben hervor.
2. Verschiedene Bacterienarten verhalten sich in ein und demselben Serum sehr verschieden.
3. Durch Injection grosser Mengen lebender Bacterien in das Gefässsystem sinkt die bactericide Kraft des nachträglich entnommenen Blutes.
4. Wenn Mikroorganismen dem directen Zutritte alexinhaltigen Serums einigermaassen entzogen sind, so können sie, wie im Buchner'schen Wattaversuche, die Alexine zerstören.
5. Nach den Versuchen von Schneider ist die Möglichkeit vorhanden, dass lebende Bacterien vermittelst ihrer Stoffwechselproducte die Alexinwirkung des Blutes oder des Serums zum Schwinden bringen können.
6. Zusatz abgetödteter Bacterien zum extravasculären Blute oder Serum begünstigt die Entwicklung frisch eingesäter lebender Bacterien (Bonaduce, Denys und Kaisin).

Einigermaassen im Widerspruche scheinen damit die Versuche von Szekely[1]) zu stehen, welcher Serum mit lebenden Bacterien inficirte, dasselbe dann 24 Stunden sich selbst überliess, wobei nach Maassgabe der Plattenculturen Vermehrung stattgefunden hatte, sodann keimdicht filtrirte und die Filtrate neuerdings zur Aussaat verschiedener Mikroorganismen verwendete.

1) Siehe Anmerkung 4 auf S. 292.

Digitized by Google

Hier waren offenbar alle Bedingungen für ein Unwirksamwerden des Serums durch die Bacterien gegeben. Denn da die ersteingebrachten Keime sich vermehrt hatten, mussten sie die Alexine erschöpft haben, sei es durch ihre Stoffwechselproducte oder auf irgend eine andere Weise.

Dennoch fand v. Szekely ein derart behandeltes Serum gegenüber allen darauf hin untersuchten Bacterien noch wirksam.

Die von v. Szekely eingeschlagene Methode schien am aussichtsreichsten zu sein, um über die Beeinflussung der Alexine durch Mikroben einiges Licht zu verbreiten. Zuvor aber sollte untersucht werden, wie sich die Alexinwirkung bei verschiedenen Temperaturen äussert, wie es übrigens schon mehrfach bestimmt worden ist. Denn wenn auch ein 24 Stunden langer Aufenthalt bei 37°, als dem Wachsthumsoptimum pathogener Mikroorganismen, die Alexine in der Regel nicht zerstört, so hat man doch häufig Gelegenheit, eine Abschwächung derselben im Vergleich zu kühl aufbewahrtem Serum zu beobachten.

Tabelle I.

4 Röhrchen mit je 2 ccm Kaninchenserum werden reichlich mit Vibrio cholerae besät und theils bei Zimmertemperatur, theils in der Kälte aufbewahrt. Einsaatgrösse: 70000.

	Nach 3 h	Nach 6 h	Nach 24 h
I. Bei ca. 17°	13	4	724
	22	3	820
II. Bei 6°	1 608	1 216	648
	2 774	968	620

Tabelle II.

6 Röhrchen mit Kaninchenserum zu je 2 ccm werden mit Vibrio cholerae besät und theils bei 37°, theils bei Zimmertemperatur, theils in der Kälte gehalten. Einsaatgrösse: 35260.

	Nach 2 h	Nach 4 h	Nach 8 h	Nach 24 h
1. Bei 37°	4	0	0	0
	1	0	0	0
2. Bei 17°	91	9	0	0
	106	2	5	0
3. Bei 2°	18 370	10 720	7 660	2 770
	16 840	13 780	7 670	2 430

Die Versuche bestätigen die Beobachtung, dass eine bactericide Wirkung zwar bei jeder Temperatur auftritt, dass sie aber in der Wärme weitaus energischer erfolgt.

Die Bedeutung, namentlich des zweiten Versuches, liegt aber noch in einem anderen Momente. Es wurden nämlich die bisher in der Kälte aufbewahrten Proben nach 24 Stunden in den Brutschrank gestellt. Nach im Ganzen 26 Stunden waren dann noch 0 bezw. 5 Keime vorhanden, nach 29 Stunden aber lieferten die Platten 13 bezw. 217 Colonien, und von da ab fand fortschreitende Vermehrung statt.

Trotzdem also die Temperatur, bei welcher das Serum aufbewahrt wurde, zur Erhaltung seiner Activität günstig war, trotzdem eine Lebensäusserung der Vibrionen bei 2° nicht stattgefunden haben konnte, war in diesem Falle die Alexinwirkung sehr wesentlich geschwächt worden. In der Regel ist übrigens beim Choleravibrio dazu eine grössere Einsaat nothwendig.

Ehe dieses Resultat weiter verfolgt wurde, wurden erst eine Anzahl von Versuchen unternommen, bei denen im Anschlusse an v. Szekely Bacterien sehr reichlich in Serumproben eingebracht wurden, bis sie sich üppig vermehrt hatten. Dann wurde filtrirt und die Filtrate neuerdings verwendet.

Tabelle III.

Zu Kaninchenserum werden 2 Agarculturen von Vibrio cholerae zugesetzt, die sich ohne Weiteres vermehren. Danach wird durch Berkefeldfilter filtrirt und die völlig klaren Filtrate neuerdings besät. Vorher war durch das gleiche Filter eine Quantität sterilen Serums filtrirt worden, die als Controle diente.

		Sofort nach Einsaat	Nach 1 h	Nach 3 h	Nach 6 h
Einsaat B. typhi	1. Je 2 ccm Cholerafiltrat	2 616	2 648	1 008	19 900
		2 948	2 536	1 776	41 340
	2. 2 ccm steril Filtrat .	1 552	896	348	13 780
Einsaat V. chol.	3. Je 2 ccm Cholerafiltrat	2 614	3 152	4 080	102 580
		2 872	3 408	5 440	171 470
	4. 2 ccm steril. Filtrat .	2 560	1 048	936	30 620

Es ist unnütz, weitere Versuchstabellen anzuführen, da sie alle mehr oder weniger das gleiche Resultat lieferten. Die Angaben v. Szekely's konnten in exacter Weise weder bestätigt noch widerlegt werden, da ein jedes der benutzten Filtersysteme (Chamberlandkerzen, Thonfilter nach Reichel, Kieselguhrkerzen nach Nordtmeier-Berkefeld) auch die Alexine eines normalen Serums ganz oder zum grössten Theile zurückhielt. Ohne die sichere Controle eines solchen aber erschienen weitere Versuche als werthlos.

III. Die Aufhebung der Serumwirkung durch Zusatz abgetödteter Bacterien.

Das Resultat des in der II. Tabelle mitgetheilten Versuches liess es als aussichtsvoll erscheinen, einen anderen Weg zum Studium des Einflusses der Mikroorganismen auf die Alexine einzuschlagen. Denn wenn in der That, wie in diesem Versuche, der Ausfall der nach 29 Stunden und später angelegten Platten erkennen lässt, dass die bactericide Wirkung des Serums so wesentlich geschwächt war, so konnte es nur der Contact der Bacterienleiber mit den Alexinen sein, der diese Wirkung hervorgebracht hatte. Ein Wachsthum der verwendeten Vibrionen bei $+2^0$ war ja ebenso gut wie eine Secretion von Stoffwechselproducten auszuschliessen.

Es lag daher nahe, statt dem Serum lebende Bacterien zuzusetzen und diese dann unter Bedingungen zu bringen, welche eine Weiterentwicklung nicht gestatteten, von vornherein abgetödtete Culturen auf das Serum einwirken zu lassen, ähnlich wie Bonaduce, Denys und Kaisin es im Jahre 1893 versucht hatten.

Schon der erste, mit Meerschweinchenserum angestellte Versuch lieferte ein vollkommen unzweideutiges Resultat.

Tabelle IV.

Meerschweinchenserum in 2 Hälften zu je 4 ccm wird theils mit durch Chloroform getödteten, in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmten Choleravibrionen (2 Agarculturen in $1^1/_2$ ccm NaCl-Lösung), theils mit der entspre-

Digitized by Google

chenden Menge steriler NaCl-Lösung versetzt. Die Proben stehen über Nacht in der Kälte, werden dann in je 2 Hälften getheilt und inficirt.

	Sofort	Nach 1 h	Nach 2 h	Nach 3 h	Nach 6 h
a) Einsaat V. cholerae.					
1. Choleraserum . .	4 048	2 568	4 136	6 592	∞
2. Normales Serum .	3 184	42	29	25	0
b) Einsaat Staphylococcus.					
3. Choleraserum . .	3 240	2 992	2 608	1 928	4 280
4. Normales Serum .	2 424	3 192	2 496	2 160	1 936

Es hat also in dem, mit todten Bacterien versetzten Serum besonders der Choleravibrio wachsen können, ohne mehr als eine vorübergehende Entwicklungshemmung durchmachen zu müssen.

Die folgenden Versuche sind ausschliesslich mit Kaninchenserum angestellt worden. Die Thiere wurden aus der, unter aseptischen Maassnahmen freigelegten Carotis meist ganz verblutet, und das über Nacht im Eisschrank abgeschiedene Serum wurde in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle ganz frisch verwendet.

Die Bestimmung der bactericiden Kraft, bezw. die des Sinkens der Alexinwirkung geschah nach den bewährten Regeln der oft beschriebenen Buchner'schen Methode.

Was die Aussaat der zu untersuchenden Bacterien betrifft, so wurde dieselbe in der Regel klein genommen, da der Zweck der Versuche darin bestand, das Verschwinden der Alexinwirkung zur Anschauung zu bringen. Je geringer die Keimabnahme bei der kleinen Anzahl der eingebrachten Mikroorganismen ausfiel, um so deutlicher musste die Unwirksamkeit der betreffenden Serumproben hervortreten. — Die meist zu den Versuchen verwendeten Bacterien (Staphylococcus pyogenes aureus, Bacillus pyocyaneus, Bacillus typhi und Vibrio cholerae) wurden jungen, höchstens 24 Stunden alten Agarculturen entnommen und in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt.

Digitized by Google

Die seiner Zeit von Buchner[1]) bei Anwendung von Culturen auf festen Nährböden hervorgehobene Schwierigkeit der gleichmässigen Vertheilung der Bacterienmasse lässt sich leicht umgehen, wenn man nach Einbringung der Culturtheilchen in physiologische Kochsalzlösung einige Zeit zuwartet. Schüttelt man dann, so kann man makroskopisch sehen, wie sich die Klümpchen der zusammenhängenden Bacterienmasse gleichmässig in eine Trübung der Gesammtflüssigkeit auflösen. Ein mikroskopisches Präparat zeigt dann gleichfalls das Fehlen von Haufenbildung an.

Die erste Aufschwemmung wird dann, je nach Bedarf, weiter verdünnt, und man erlangt bei fortdauernder Arbeit mit den gleichen Mikroorganismen sehr bald die erforderliche Uebung, um annähernd immer gleich grosse Einsaaten herzustellen.

Was die Zeiten der Entnahme von Proben zur Plattenaussaat betrifft, so handelte es sich im gegebenen Falle immer nur um kurze Fristen. Denn waren die Keime wirklich unwirksam geworden, so durfte eine Entwicklungshemmung oder auch eine geringfügige Keimabnahme nur in den ersten Stunden erfolgen, um dann einer fortschreitenden Vermehrung Platz zu machen, oder es musste sofortige Entwicklung zu constatiren sein. Aus dem gleichen Grunde war in späteren Versuchen nur eine einzige Controle des Verhaltens der Bacterien im Serum erforderlich.

Tabelle V.

(Verkürzt wiedergegebener Versuch.)

Kaninchenserum mit durch Chloroform getödteten Choleravibrionen versetzt. Die Proben standen vor der Einsaat 24 Stunden bei Zimmertemperatur. Einsaat: Vibrio cholerae.

	Sofort	Nach 2 h	Nach 3½ h
1. 2 ccm Serum mit todten Vibrionen	2 016	2 512	14 000
	2 424	3 936	17 450
2. 2 ccm Normalserum	1 280	13	1

1) Siehe Anmerkung 3 auf Seite 290.

Auch die Wirksamkeit des Kaninchenserums wird somit durch Zusatz todter Bacterien geschädigt, was bei diesem hochwirksamen Serum sehr deutlich hervortritt.

Weiterhin war es nothwendig festzustellen, welchen Einfluss die Tödtungsart der dem Serum zugesetzten Mikroorganismen hat. Da schon nach den ersten Versuchen vermuthet werden musste, dass es die Leibessubstanz der Bacterien sei, welche die tiefgehende Alteration der Serumalexine verursacht, so war es, nach anderen vorliegenden Erfahrungen nicht ausgeschlossen, dass diese Alteration, je nach der Schwere des Eingriffes, denen die zu tödtenden Bacterien ausgesetzt worden waren, verschieden stark ausfallen werde. Hierher gehören namentlich die Angaben von Pfeiffer[1]), wonach die Wirkungsweise abgetödteter Choleravibrionen auf Thiere, je nach der Sterilisirungsmethode, eine sehr verschiedene sein kann.

Nach einigen nicht entscheidenden Versuchen ergab sich jedoch, dass es ziemlich gleichgültig ist, ob zur Tödtung der Versuchsbacterien diese oder jene Methode (leicht entfernbare, chemische Desinficientien, vorsichtiges Erwärmen oder Erhitzen auf 100°) angewendet wird.

Dies beweist der in der folgenden Tabelle angeführte Versuch, bei welchem den Controlproben unlösliches, feinstes Ultramarinpulver zugesetzt wurde, um zu sehen, ob nicht etwa die blosse Berührung mit fein vertheilten, corpusculären Elementen an sich genügt, um eine Schwächung der bactericiden Serumwirkung herbeizuführen. Bouillon oder erhitztem Serum zugesetzt, hinderte die Ultramarinaufschwemmung das Bacterienwachsthum nicht.

Tabelle VI.

Kaninchenserum wird mit Agarculturen von Vibrio cholerae, die in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt und theils durch Chloroform, theils durch Erhitzen auf 100° getödtet sind, versetzt. Die Controlproben erhalten

1) Pfeiffer R., Untersuchungen über das Choleragift. Zeitschr. f. Hyg., 1892, XI, S. 392.

die entsprechende Menge feinster Ultramarinaufschwemmung, ebenfalls in physiologischer NaCl-Lösung.

	Sofort	Nach $1^1/_2$ h	Nach 3 h
a) Einsaat: V. cholerae.			
1. 2 ccm Serum u. Chloroformcholera	952	944	3 670
2. 2 ccm Serum u. Hitzecholera . .	696	864	2 712
3. 2 ccm Serum u. Ultramarin . . .	616	0	9
b) Einsaat: Bact. coli.			
1. 2 ccm Serum u. Chloroformcoli .	2 784	2 864	6 400
2. 2 ccm Serum u. Hitzecoli . . .	3 612	2 368	4 260
3. 2 ccm Serum u. Ultramarin . . .	2 632	1 664	1 144

Tabelle VII.

Kaninchenserum mit Choleraagarculturen versetzt, die theils mittels Aether, theils durch Hitze von 100° abgetödtet waren. Einsaat: Vibrio cholerae.

	Sofort	Nach 2 h	Nach 4 h	Nach 7 h
1. Je 2 ccm Serum mit Aethercholera	688	552	7 240	45 300
	720	784	8 016	61 330
2. Je 2 ccm Serum mit Hitzecholera	880	968	9 440	75 230
	632	940	10 416	80 140
3. 2 ccm Normalserum . . .	488	472	157	83

Man kann aus diesen, auszugsweise mitgetheilten Versuchsprotokollen mit Sicherheit schliessen, dass die Einwirkung höherer Temperaturgrade nicht im Stande ist, die Mikroorganismen ihrer alexinparalysirenden Eigenschaft zu berauben. Auch durch stundenlanges Verweilen im siedenden Wasserbade lässt sich dies bei den, als Serumzusatz bestimmten Bacterien nicht erreichen.

Die hitzebeständigen Antheile der Bacterienzellen, denen man darnach die Wirkung auf die Serumalexine zuschreiben müsste, fasst man kurz als Bacterienprotëine zusammen und Buchner[1]) hat zu ihrer Darstellung mehrere Methoden angegeben.

Eine einfache Darstellungsweise, die für die vorliegenden Versuche den Vortheil darbot, den Zusatz aller, etwa antiseptisch

1) Bucher, Berl. klin. Wochenschrift, 1890, S. 1084.

wirkenden Mittel zu vermeiden, besteht darin, dass man die von einem festen Nährboden abgestreiften Culturmassen, mit oder ohne vorherige Trocknung, in Wasser aufschwemmt, längere Zeit am Sandbade, unter Anwendung eines Kühlers, oder im gespannten Dampfe erhitzt und nachträglich die ausgelaugten Zellreste vermittels keimdichter Filter entfernt.

Jedoch waren die Resultate, welche durch Zusatz derartiger Protëinlösungen zum Serum gewonnen wurden, so schwankend, dass es weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben muss, hierüber Klarheit zu gewinnen. Folgende Beispiele mögen dies illustriren.

Tabelle VIII.

Kaninchenserum mit verschiedenen Mengen von Prodigiosusprotein versetzt. Dasselbe war aus Kartoffelculturen hergestellt, die, in Wasser vertheilt, am Sandbade stundenlang gekocht worden waren. Die nachfolgende Filtration durch Berkefeldfilter lieferte eine schwach gelbliche Flüssigkeit, die auf den 10. Theil eingedampft und dann nochmals sterilisirt wurde.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 7 h
a) Einsaat Staphylococcus.			
1. 2 ccm Serum mit 0,05 Protein	896	7	544
	832	5	128
2. 2 ccm Serum mit 0,1 ccm Protein	856	13	1 924
	912	8	224
3. 2 ccm Serum mit 0,2 ccm Protein	880	640	47 000
4. 2 ccm Serum mit 0,2 ccm Bouillon	928	11	112
b) Einsaat Bac. prodigiosus.			
1. 2 ccm Serum mit 0,05 ccm Protein	1 448	31	124
	1 600	29	39
2. 2 ccm Serum mit 0,1 ccm Protein	1 568	46	109
	2 064	220	86
3. 2 ccm Serum u. 0,2 ccm Protein	1 312	328	658
4. 2 ccm Serum u. 0,2 ccm Bouillon	1 152	320	∞

Es schien demnach, als ob wenigstens der Staphylococcus in seinem Wachsthume durch den Zusatz von 0,2 ccm Prodigiosusprotëin begünstigt worden wäre. Es ist aber unmöglich, daraus bestimmte Folgerungen abzuleiten, da der Prodigiosus durch den gleichen Zusatz eher gehemmt wurde.

Tabelle IX.

(Verkürzt wiedergegebener Versuch.)

Kaninchenserum mit Staphylococcenprotein versetzt. Dieses wurde aus in Wasser suspendirten Agarculturen hergestellt, die in einer Druckflasche im Oelbade bis 130° erhitzt wurden. Das Protein wurde theils durch Berkefeldfilter filtrirt, theils unfiltrirt verwendet. Einsaat: Staphylococcus.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 9 h
1. 2 ccm Serum mit 0,05 filtr. Protein	1 848	4	431 000
	1 600	2	574 300
2. 2 ccm Serum mit 0,05 nicht filtr. Protein	1 376	1 048	ca. 1 Mill.
	1 104	616	dgl.
3. 2 ccm Serum mit 0,05 Bouillon . .	1 344	1	184 200

Tabelle X.

Kaninchenserum mit dem gleichen Protein versetzt wie in Tab. IX. Der Versuch wurde 2 Tage später als der vorige angestellt, während welcher Zeit das Protein kühl aufbewahrt worden war. Einsaat: Staphylococcus.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. 2 ccm Serum u. 0,025 ccm filtr. Protein	218	7	4
2. 2 ccm Serum u. 0,05 ccm filtr. Protein	211	4	17
3. 2 ccm Serum u. 0,1 ccm filtr. Protein	185	1	3
4. 2 ccm Serum u. 0,025 nicht filtr. Protein	294	7	6
5. 2 ccm Serum u. 0,05 nicht filtr Protein	348	5	3
6. 2 ccm Serum u. 0,1 nicht filtr. Protein	213	48	172
7. 2 ccm Serum u. 0,1 ccm Bouillon .	280	2	0

Infolge dieser Inconstanz der Befunde war das Ergebnis einer langen Versuchsreihe, bei welcher auch die auf gleiche oder ähnliche Weise hergestellten Proteine von Bacillus pyocyaneus, Bacterium coli commune, Vibrio cholerae verwendet wurden, gleich Null.

Dennoch ist es nicht unwahrscheinlich, dass es gelingen wird, mit Auslaugungen von Bacterienzellen die gleiche Wirkung zu erzielen wie mit den sterilisirten Bacterienleibern.

Die Art der Herstellung, Aufbewahrung etc. solcher Flüssigkeiten sind möglicher Weise von grossem Einflusse.

IV. Quantitative Verhältnisse.

Der Hauptzweck, der mit dem Versuche der Einführung von Proteinlösungen hätte erreicht werden sollen, bestand, von dem theoretischen Interesse abgesehen, in der Möglichkeit einer genauen Feststellung der quantitativen Verhältnisse. Da sich dies mit Proteinen nicht erreichen liess, galt es zu ermitteln, welches Mindestmaass abgetödteter Bacteriencultur nothwendig sei, um eine bestimmte Serummenge unwirksam zu machen.

Tabelle XI.

Kaninchenserum. Zugesetzt werden verschiedene Mengen von Aufschwemmungen je einer 24 Stunden alten Agarcultur in 1 ccm physiologischer Kochsalzlösung, die durch $^1/_2$ stündigen Aufenthalt im siedenden Wasserbade abgetödtet worden waren. Einsaat: Staphylococcus.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 8 h
1. 2 ccm Serum u. $^1/_4$ ccm steril. Staphylococcen-Aufschwemmung	2 496	2 864	675 300
	1 440	1 888	720 000
2. 2 ccm Serum u $^1/_2$ ccm steril. Staphylococcen-Aufschwemmung	2 128	3 140	800 000
	2 992	2 816	1 120 000
3. 2 ccm Serum u. $^3/_4$ ccm steril. Staphylococcen-Aufschwemmung	2 416	2 240	üb. 1 Mill.
	2 592	2 880	dgl.
4. 2 ccm Serum u. $^1/_4$ ccm steril. Prodigiosus-Aufschwemmung	2 800	193	2 560
	2 688	65	1 824
5. 2 ccm Serum u. $^1/_2$ ccm steril. Prodigiosus-Aufschwemmung	2 208	360	114 300
	3 456	408	97 000
6. 2 ccm Serum u. $^3/_4$ ccm steril. Prodigiosus-Aufschwemmung	?	2 224	270 000
	1 952	1 344	300 560
7. 2 ccm Serum u. $^1/_4$ ccm physiol NaCl-Lösung	2 080	2	113
8. 2 ccm Serum u. $^3/_4$ ccm physiol. NaCl-Lösung	2 328	28	21 200
9. 2 ccm Serum u. $^3/_4$ ccm physiol. NaCl-Lösung	1 920	1 920	763 000
$^1/_2$ Std. auf 60 ° erhitzt.			

Der vorstehend mitgetheilte Versuch zeigt deutlich an:

1. Dass infolge des Zusatzes von durch Hitze von 100° abgetödteten Bacterien, die in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt, entweder gar keine oder doch

nur verschwindend kleine Mengen von gelösten Stoffwechselproducten enthalten haben konnten, die Serumalexine nicht mehr zur Wirkung gelangten, so dass sich die, in relativ geringer Zahl eingebrachten lebenden Bacterien nicht anders wie im inactivirten Serum vermehrten.

2. Dass die Wirkungsweise verschiedener todter Bacterienarten bei Einsaat der gleichen Mikroorganismen eine quantitativ ungleiche sein muss, indem die Aufschwemmungen todter Prodigiosusbacillen die Wirksamkeit des Serums ungleich weniger stark beeinflusst hatten, als die entsprechenden Mengen sterilisirter Staphylococcen.
3. Dass mit Zusatz von $^1/_4$ Agarcultur todter Staphylococcen das Mindestmaass für die Neutralisirung der in 2 ccm Kaninchenserum vorhandenen, wirksamen Alexine noch nicht erreicht ist, dass dieses vielmehr kleiner sein muss.
4. Dass das mit todten Bacterienzellen versetzte Serum um so leichter eine Vermehrung lebender Mikroorganismen zulässt, je grösser unter sonst gleichen Verhältnissen die Menge der zugesetzten todten ist.

Es musste nunmehr zunächst für jeden genauer zu untersuchenden Mikroorganismus das Mindestmaass todter Zellen bestimmt werden, welches hinreicht, um eine bestimmte Serummenge unwirksam zu machen. Dann aber musste auch untersucht werden, wie sich ein so behandeltes Serum bei Einsaat andersartiger Mikroben verhält.

Tabelle XII.

Kaninchenserum zu je $1^1/_2$ ccm in Röhrchen vertheilt, welche verschiedene Mengen todter Staphylococcen zugesetzt erhalten. Die bei 100° sterilisirten Coccen-Aufschwemmungen sind so hergestellt, dass die gewünschte Menge von Zellen in 0,1 ccm enthalten ist. Einsaat: Staphylococcus.

	Sofort	Nach $2^1/_2$ h	Nach $7^1/_2$ h
1. Je $1^1/_2$ ccm Serum u. $^1/_{40}$ Oese todt.	208	31	1 216
Staphyl.	432	50	1 528
2. Je $1^1/_2$ ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todt.	384	82	68 000
Staphyl.	416	101	62 400

	Sofort	Nach $2^1/_2$ h	Nach $7^1/_2$ h
3. Je $1^1/_2$ ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Staphyl.	262 360	139 162	107 300 114 000
4. Je $1^1/_2$ ccm Serum u. $^1/_2$ Oese todt. Staphyl.	262 328	254 176	319 000 286 000
5. Je $1^1/_2$ ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl.-Lösung	384	13	1 240

Während somit die Beigabe von $^1/_{40}$ Oese die bactericide Wirkung von $1^1/_2$ ccm eines im Ganzen nicht besonders stark wirksamen Serums nicht wesentlich, gegenüber der Controlprobe, geschädigt hatte, war dies bei Zusatz von $^1/_{20}$ bis $^1/_7$ Oese bereits in hohem Grade der Fall, wie es namentlich die reiche Besetzung der nach $7^1/_2$ Stunden angelegten Platten erkennen lässt. Andererseits aber ist die Keimabnahme, die auf den nach $2^1/_2$ Stunden angelegten Platten zu constatiren ist, ein sicheres Kennzeichen dafür, dass sich die, durch todte Bacterien hervorgebrachte Paralysirung der Alexinwirkung nicht ohne weiteres mit der Inactivirung des Serums vergleichen lässt, wie sie beispielsweise durch Erhitzung auf 60° erfolgt.

In allen folgenden Versuchen wurde mit Serummengen von 1 ccm operirt, für welche als Einheit zunächst die zur Paralysirung nöthige Menge todter Bacillen bestimmt wurde.

Tabelle XIII.

Kaninchenserum zu je 1 ccm vertheilt. Zusatz von bei 100° sterilisirten Bacterien-Aufschwemmungen, die so hergestellt sind, dass in 0,1 ccm die gewünschte Menge todter Zellen enthalten ist.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 7 h
a) Einsaat Staphylococcus.			
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todter Staphylococcen	1 056	12 49	41 38
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{25}$ Oese todter Staphylococcen	1 120	26 31	27 23
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen	1 112	1 040 1 216	12 560 15 200
4. Je 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 448	24 8	9 17

	Sofort	Nach 3 h	Nach 7 h
b) Einsaat Bacillus typhi.			
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todter Typhusbacillen	288	34 41	86 62
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{25}$ Oese todter Typhusbacillen	376	39 50	25 28
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Typhusbacillen	448	103 192	75 90
4. Je 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	336	10 18	0 2

In diesem Versuche hatte das Serum, auch dem sonst ziemlich widerstandsfähigen Staphylococcus gegenüber, sehr ansehnliche Wirkungen entfaltet; dennoch hatte $^1/_{10}$ Oese sterilisirter Coccen, dem Serum zugesetzt, hingereicht, um die bactericide Wirksamkeit so gut wie vollständig aufzuheben.

Geringere Mengen, die in Tabelle XIII auf ein minderwerthiges Serum bereits einen gewissen Einfluss ausgeübt hatten, waren wirkungslos geblieben.

Weiterhin aber zeigt sich, dass die gleichen, auf die Oese als Einheit bezogenen Quantitäten todter Typhusbacillen die Alexine des Serums nahezu unverändert liessen.

Der Versuch gewinnt an Interesse noch durch seinen zweiten Theil, bei welchem dem Serum die gleichen Mengen todter Bacterien zugesetzt, aber die ungleichartigen Mikroorganismen eingesäet wurden.

Tabelle XIV.

Gleichzeitig mit demselben Serum und in derselben Weise angestellter Versuch wie der in Tab. XIII wiedergegebene. Die daselbst angeführten Controlproben, bei denen dem Serum 0,1 ccm steriler NaCl-Lösung zugesetzt wurden, gelten auch hier.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 7 h
a) Einsaat Staphylococcus.			
1. Je 1 ccm Serum u $^1/_{50}$ Oese todter Typhusbacillen	1 144	4 18	117 43
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{25}$ Oese todter Typhusbacillen	968	35 17	70 94
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Typhusbacillen	1 360	22 30	18 94

	Sofort	Nach 3 h	Nach 7 h
b) Einsaat Bac. typhi.			
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todter Staphylococcen	352	42 35	62 44
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{25}$ Oese todter Staphylococcen	324	62 48	61 160
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen	220	174 195	267 189

Während somit 1 ccm Serum durch $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen für den Staphylococcus selbst unwirksam wurde, drückte der gleiche Zusatz die Alexinwirkung für den Typhusbacillus nur unwesentlich herab.

Dieses wichtige Resultat, einer geradezu specifischen Wirkung todter Bacterienzellen auf das Serum normaler Thiere, welches mit den ähnlichen, eingangs citirten Versuchen von Nissen jedenfalls in Beziehung steht, wird noch weiterhin Gegenstand der Erörterung sein.

Hier sei nur eines Einwandes gedacht, der diesen Versuchen gegenüber gemacht werden könnte, und der darin besteht, dass die Oese als Maassstab für die Menge der Bacterienzellen zu unsicher sei. Thatsächlich ergab eine Bestimmung der Bacterienzahl, dass die verwendete Oese fast genau viermal so viel Individuen von Staphylococcen, als von Typhusbacillen enthielt. Hingegen war das Gewicht der in der Oese enthaltenen feuchten Culturmasse bei beiden Mikroorganismen annähernd das gleiche (nicht ganz 2 mg.). Uebrigens ergeben sich, wie später zu zeigen sein wird, zwischen Typhus- und Cholerabacillen einerseits und dem Staphylococcus andrerseits, in Bezug auf ihre Beeinflussung der Serumalexine im sterilisirten Zustande, so gewaltige quantitative Differenzen, dass ein, auf die Zahl der Zellen gestützter Einwand kaum ins Gewicht fallen dürfte. —

Bisher war in allen Experimenten die sterilisirte Bacterienaufschwemmung dem Serum etwa 16—20 Stunden früher zugesetzt worden, ehe die Einsaat der lebenden Mikroorganismen erfolgte. Dass diese länger andauernde Berührung des Serums

mit den Zellleibern nicht nothwendig sei, lehren die folgenden Versuche, die gleichzeitig der Bestimmung des »Grenzwerthes« der todten Bacterien dienten. Mit dem Ausdrucke »Grenzwerth« möge weiterhin, der Kürze halber, diejenige Menge von abgetödteten Mikroorganismen bezeichnet sein, welche gerade noch hinreicht, um die in 1 ccm Kaninchenserum zur Wirkung kommenden Alexine so zu paralysiren, dass eingebrachte, gleichartige lebende Bacterien sich entweder sofort, oder nach einer nur kurzandauernden und vorübergehenden Hemmung zur Entwicklung anschicken.

Es sei von vornherein darauf aufmerksam gemacht, dass dieser Grenzwerth, namentlich in Bezug auf eine sofort eintretende Vermehrung oder eine vorübergehende Entwicklungshemmung, einigermaassen schwankt, je nachdem das verwendete Serum einen grösseren oder geringeren keimtödtenden Effect entfaltet, welche Erscheinung in den anzuführenden Tabellen mehrfach hervortritt. Die Thatsache aber, dass die Stärke der Bactericidie, von individuellen Verhältnissen der Versuchsthiere abhängig, schwanken kann, ist seit Buchner immer wieder bestätigt worden.

Tabelle XV.

25 ccm Kaninchenserum, in Eprouvetten zu je 1 ccm vertheilt, werden in 5 Serien geschieden. 4 Eprouvetten jeder Serie erhalten einen Zusatz von $^1/_{50}$ beziehungsweise $^1/_{10}$ Oese durch Hitze sterilisirter Staphylococcenaufschwemmung in 0,1 ccm physiologischer Kochsalzlösung, die letzte dient als Controle der normalen bactericiden Wirkung und wird mit 0,1 ccm reiner physiologischer NaCl-Lösung versehen. In die Röhrchen der ersten Serie erfolgt die Einsaat sofort nach Zusatz der todten Coccen, die andern bleiben vor Einsaat beziehungsweise durch 2, 4, 6 und 12 Stunden bei 37° mit den todten Coccen in Berührung. Einsaat: Staphylococcus.

I. Serie. Einsaat sofort nach Zusatz der todten Coccen.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todter Coccen	1 440	632	8 020
	1 128	552	7 900
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	1 296	1 048	315 300
	1 360	840	470 000
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 232	45	42

II. Serie. Serum vor Einsaat durch 2 Stunden bei 37° mit todten Coccen in Berührung.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todter Coccen	1 936	334	720
	1 644	264	1 224
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	1 568	976	93 000
	1 800	1 208	112 000
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 824	14	40

III. Serie. Serum vor Einsaat durch 4 Stunden bei 37° mit todten Coccen in Berührung.

1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todter Coccen	1 152	119	37
	1 280	82	4
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	1 632	1 584	40 860
	1 672	1 008	41 200
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 120	11	8

IV. Serie. Serum vor Einsaat durch 6 Stunden bei 37° mit todten Coccen in Berührung.

1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todter Coccen	1 040	148	191
	1 184	109	58
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	1 112	1 872	9 700
	1 576	752	8 360
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 328	73	5

V. Serie. Serum vor Einsaat durch 12 Stunden bei 37° mit todten Coccen in Berührung.

1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todter Coccen	1 896	336	154
	1 704	132	131
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	1 760	1 600	11 200
	1 808	1 688	10 800
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 920	28	109

Das überraschendste Ergebnis dieses Versuches ist die Erscheinung, dass diejenigen Serumproben, welche längere Zeit bei 37° mit todten Staphylococcen in Berührung gestanden waren, eher eine bactericide Wirkung erkennen liessen, als die

Digitized by Google

welche sofort nach Zusatz der Zellleiber in Verwendung genommen worden waren. Von ähnlichen Versuchen wird anhangsweise noch die Rede sein.

Sonst bestätigt die Tabelle die vorhergegangene Bestimmung des Grenzwerthes für den verwendeten Staphylococcenstamm mit $^1/_{10}$ Oese todter Zellen und zeigt, dass es nicht nothwendig ist, nach Zusatz des Grenzwerthes zuzuwarten, sondern dass die Paralysirung der Alexine allsogleich eintritt. Im Folgenden wurde daher die Einsaat der lebenden Testbacterien sofort nach Zusatz der todten vorgenommen.

Nachstehende Tabellen enthalten verkürzt wiedergegebene Versuche, deren Zweck war, die Grenzwerthe für verschiedene Mikroorganismen festzustellen.

Tabelle XVI.

Kaninchenserum zu je 1 ccm vertheilt. Gleich nach Zusatz der todten Pyocyaneusbacillen erfolgt die Einsaat. Für diesen und die folgenden Versuche wurde die Methode festgehalten, dass die durch Hitze von 100° sterilisirten Bacterienaufschwemmungen in 0,1 ccm physiologischer Kochsalzlösung die gewünschte Menge von Zellen enthielten. Diese Menge wurde entweder nach Oesen oder Bruchtheilen von ganzen Agarculturen bestimmt. Einsaat: Bacillus pyocyaneus.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todt. Pyocyaneusbacillen	8 480	9 760	14 500
	5 900	5 648	14 360
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Pyocyaneusbacillen	6 200	7 060	ca. 60 000
	7 370	7 680	ca. 80 000
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	8 050	3 200	9 500

Die Aussaat war in diesem Versuche etwas zu hoch ausgefallen, doch hat sich die Bestimmung des Grenzwerthes für den verwendeten Bacillus pyocyaneus auch durch spätere Versuche als richtig erwiesen. Jedenfalls vermag weniger als $^1/_{10}$ Oese todter Bacillen immer 1 ccm Serum zu paralysiren.

Für die Grenzwerthe von Bacillus typhi und Vibrio cholerae sind weit grössere Mengen todter Zellen erforderlich, wie schon Tabelle XIV b für Typhus gezeigt hat.

Tabelle XVII.

Kaninchenserum. Anordnung wie bisher. Einsaat: Bacillus typhi.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Oese todter Typhusbacillen	1 040	456	968
	1 032	712	1 028
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Cultur todter Typhusbacillen	1 008	600	4 224
	1 224	616	5 280
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Typhusbacillen	1 132	1 776	28 260
	1 080	1 168	17 300
4. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 056	207	188

Danach liegt der Grenzwerth für Typhus bei $^1/_{10}$ Agarcultur ungefähr gleich 2 Oesen todter Zellen. Das Serum ist hier aber für den sonst hochempfindlichen Typhusstamm von relativ geringer Wirksamkeit gewesen. Thatsächlich liegt der Grenzwerth des Typhusbacillus etwas höher.

Tabelle XVIII.

Kaninchenserum. Anordnung wie bisher. Einsaat: Vibrio cholerae.

	Sofort	Nach 5 h
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Cultur todter Vibrionen	1 848	384
	2 160	360
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Vibrionen	2 048	15 170
	1 984	12 400
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todter Vibrionen	1 952	ca. 70 000
	2 384	desgl.
4. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	2 328	1
	2 160	2

Auch für Cholera kann man bei einem minderwerthigen Serum einen niedrigeren Grenzwerth erhalten (vgl. Tab. XXIII).

Um also die Alexine von 1 ccm eines wirksamen Kaninchenserums zu paralysiren, muss man von verschiedenen Mikroorganismen, sehr verschiedene Mengen todter Zellen zusetzen, damit ein ganz oder fast ganz ungehemmtes Wachsthum, bei Einsaat der gleichnamigen Bacterienart erfolge. Und zwar betragen diese als Grenzwerthe bezeichneten Mengen, die bei jedem einzelnen Stamm gesondert bestimmt werden müssen:

Für den Staphylococcus pyog. aur. $^1/_{10}$ Oese todter Agarcultur,
Für den Bac. pyocyaneus weniger als $^1/_{10}$ » » »
» » » typhi zwischen $^1/_{10}$ und $^1/_5$ eine ganze Agarcultur
» » Vibrio cholerae $^1/_{10}$ einer ganzen Agarcultur, selten mehr.

V. Die specifische Wirkung todter Bacterien auf die Serumalexine.

Da man das Verschwinden der bactericiden Wirkung eines Serums nicht anders erklären kann, als dadurch, dass die Alexine desselben entweder zerstört oder doch, für die Zeit der Versuchsdauer, unwirksam geworden sind, so ist es zunächst natürlich, anzunehmen, dass ein solches Serum sich ähnlich verhalten werde wie beispielsweise ein auf 60° erhitztes, dass es also zu einem einfachen Nährsubstrat für jeden beliebigen, pathogenen Mikroorganismus geworden sei. Wie aber Tabelle XIV lehrt, trifft diese Voraussetzung nicht ohne Weiteres zu. Durch Einführung der, den Grenzwerth darstellenden Menge todter Bacterienleiber in einen Cubikcentimeter Kaninchenserums gelingt es im Allgemeinen nur, dasselbe für denjenigen Mikroorganismus unwirksam zu machen, welchen man vorher, im sterilisirten Zustande dem Serum zugesetzt hatte. Diese Eigenthümlichkeit ist bei strenger Einhaltung des Grenzwerthes so constant, dass man direct von einer specifischen Beeinflussung des normalen Serums durch abgetödtete Zellen sprechen kann.

Tabelle XIX.

Kaninchenserum mit Aufschwemmungen todter Staphylococcen versetzt. Anordnung die gewöhnliche.

	Sofort	Nach 3 h	Nach $6^1/_2$ h
a) Einsaat: Staphylococcus.			
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{15}$ Oese todter	1 176	432	4 672
Coccen	928	340	5 280
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter	1 000	464	48 500
Coccen	1 048	792	45 360
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter	784	808	ca. 80 000
Coccen	712	632	ca. 80 000
4. Je 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol.	1 120	2	132
NaCl-Lösung	1 088	9	85

	Sofort	Nach 3 h	Nach $6^1/_2$ h
b) Einsaat: Vibrio cholerae.			
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{15}$ Oese todter Coccen	352	0	0
	272	0	0
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	272	0	0
	320	1	0
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Coccen	288	1	0
	392	0	0
4. Je 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	392	0	0
	440	0	0

Dem Versuche haftet noch der Fehler an, dass die Einsaat bei dem sehr empfindlichen Choleravibrio wesentlich kleiner war als die bei dem widerstandsfähigeren Staphylococcus. Dieser Fehler ist vermieden in

Tabelle XX.

Kaninchenserum. Anordnung wie im vorigen Versuche.

	Sofort	Nach $4^1/_2$ h
a) Einsaat Staphylococcus.		
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Coccen	784	1 896
	816	1 824
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	880	3 872
	992	4 328
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Coccen	960	5 200
	1 056	4 688
4. Je 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	816	88
	792	107
b) Einsaat Vibrio cholerae.		
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Coccen	1 056	0
	1 024	0
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	992	1
	1 152	1
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Coccen	1 056	0
	1 096	0
4. Je 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. NaCl-Lösung	1 336	0
	1 464	0

Mit Berücksichtigung der Schwierigkeiten, welche der Aussaat einer gleich grossen Zahl von Individuen verschiedener Bacterienarten entgegenstehen, muss man die Menge der in das

Digitized by Google

Versuchsserum eingebrachten lebenden Coccen und Vibrionen als gleichgross bezeichnen. Dennoch ergeben sich, in Bezug auf die Alexinwirkung gewaltige Unterschiede, obwohl in der dritten Reihe der Grenzwerth für den Staphylococcus um mehr als das Doppelte überschritten wurde.

Tabelle XXI.

Kaninchenserum. Zusatz von todten Pyocyaneusbacillen.

	Sofort	Nach 4 h
a) Einsaat: Bacillus pyocyaneus.		
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	384	952
	272	1 992
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	312	1 656
	296	1 440
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	404	3 368
	344	3 992
4. Je 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. Na Cl-Lösung	352	304
	384	288
b) Einsaat: Vibrio cholerae.		
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	1 040	0
	976	0
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	936	0
	776	0
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	832	0
	1 000	0
4. Je 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	688	0
	560	0

Tabelle XXII.

Kaninchenserum. Zusatz von abgetödteten Typhusbacillen.

	Sofort	Nach $4^3/_4$ h
a) Einsaat von Bacillus typhi.		
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Typhusbacillen	2 016	1 072
	1 744	1 024
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todter Typhusbacillen	2 128	7 984
	1 120	7 500
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_3$ Cultur todter Typhusbacillen	1 308	11 610
	1 624	13 070
4. Je 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. Na Cl-Lösung	2 016	21
	1 520	28

	Sofort	Nach $4^3/_4$ h
b) Einsaat Vibrio cholerae.		
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Typhusbacillen	?	0
	792	0
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_4$ Cultur todter Typhusbacillen	776	12
	808	3
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Cultur todter Typhusbacillen	960	7
	728	41
4. Je 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. Na Cl-Lösung	760	0
	352	0

Die angeführten Versuche, deren hervorstechendstes Merkmal ohne Weiteres sichtbar ist, können gleichzeitig den etwaigen Einwand widerlegen, dass der Zusatz der bei 100° sterilisirten Bacterienaufschwemmung, die eine Art von »Bacterienabkochung« vorstellt, nichts anderes als die Einführung einer gut nährenden Substanz bedeute, wodurch bekanntlich die bactericide Wirkung einer thierischen Flüssigkeit weitgehend verändert werden kann, ein Einwand, der übrigens bereits von Denys und Kaisin zurückgewiesen wurde. Aber abgesehen davon, dass man einer Aufschwemmung, oder wenn man will, Abkochung von $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen oder Pyocyaneusbacillen keine »nährenden« Eigenschaften zuschreiben kann, und davon, dass selbst der Zusatz eines ausgezeichneten Nährmittels, wie es die gebräuchliche Bouillon darstellt, erst in grösseren Mengen auf das Bacterienwachsthum im activen Serum begünstigend einwirkt, so wäre es auch chemisch geradezu unverständlich, warum durch Beifügung einer todten Staphylococcenaufschwemmung gerade wieder nur der Staphylococcus, nicht aber der Typhusbacillus oder Choleravibrio begünstigt werden sollte.

Vor dem Versuche, die erwähnten Resultate zu erklären, ist es nothwendig, sich über die, bei solchen Experimenten vorliegenden Verhältnisse Rechenschaft zu geben.

Es sind drei Factoren, welche bei einem, in der erwähnten Art angestellten Versuche mitwirken: auf der einen Seite das Serum mit seinen Alexinen, auf der andern die eingesäten lebenden und die vorher zugesetzten todten Bacillen.

Für das Serum kommt hauptsächlich dessen bactericide Wirksamkeit in Betracht, da die Quantität stets die gleiche bleiben kann. Sie ist in den vorliegenden Untersuchungen, abgesehen von den ersten, mehr orientirenden Experimenten, mit 1 ccm als Einheit unverändert festgehalten worden. Die keimtödtende Wirkung eines Serums hängt ab von individuellen Verhältnissen des blutliefernden Kaninchens und weiterhin von Umständen, die durch den Versuch selbst gegeben sind und auf welche der Untersucher bestimmenden Einfluss nehmen kann. Hieher gehören: die Verwendung frischen oder gelagerten Serums, die Art der Aufbewahrung u. dgl. Für einen und denselben Versuch ist übrigens die bactericide Wirksamkeit eines Serums als constante Grösse zu betrachten.

Was die zur Einsaat benützten, lebenden Bacterien betrifft, so kommen in Betracht: 1. die Widerstandskraft derselben gegenüber dem Serum, 2. die Grösse der Einsaat, 3. die Art und Weise, wie sie der Serumwirkung ausgesetzt werden.

Der letzte Punkt kann, wie der bekannte Watteversuch von Buchner gezeigt hat, von grosser Bedeutung werden, kann aber hier, wo die Bacterien dem Serum stets frei zugesetzt wurden, ausser Acht bleiben. Auf die Grösse der Einsaat wurde schon seit den allerersten Versuchen, die in dieser Richtung unternommen wurden, (Nissen und Buchner 1889) grosses Gewicht gelegt. Hier kann auch dieses Moment unberücksichtigt bleiben, da sich die Einsaatgrösse, wenn auch ziemlich mühsam, beherrschen lässt. Nothwendig ist es dabei, die Menge der eingesäten lebenden Bacillen immer ungefähr gleich gross zu nehmen; allerdings darf man nicht immer eine absolut gleiche Anzahl von Colonien auf der Ausgangsplatte verlangen, da sonst allzuviele Versuche verworfen werden müssten. — Ganz ausserhalb der Macht des Experimentators liegt der erste Punkt, die Widerstandskraft der zum Versuche verwendeten Bacterien, welche man sich, als von der specifischen Constitution des Bacterienprotaplasmas abhängig denken muss.

Diese Widerstandskraft steht zur Serumwirkung in einem umgekehrten Verhältnisse, insoferne als die Serumbactericidie

umso geringer ausfällt, je mehr ein bestimmter Bacillus Widerstand zu leisten befähigt ist.

Es kann daher die bactericide Werthigkeit eines Serums durch Messung der Widerstandskraft bestimmter Bacillen ausgedrückt werden.

An Versuchen, die keimtödtende Kraft eines Serums gewissermaassen zahlenmässig festzustellen, hat es nicht gefehlt. Namentlich Lubarsch[1]) benöthigte einen Maassstab für die Stärke der Keimvernichtung, für den Nachweis, dass das extravasculäre Blut eines Thieres mehr Milzbrandkeime zu tödten vermag, als zur tödtlichen Infection des gleichen Thieres hinreichen. Er nahm als solchen die Zahl an, welche durch die Differenz zwischen den Colonien der Ausgangsplatte und der Platte mit der geringsten Colonienzahl gegeben war und drückte somit die bactericide Werthigkeit des Serums durch die absolute Zahl der überhaupt abgetödteten Keime aus. Die Methode wurde noch weiterhin vielfach benutzt.

Anders ging Däubler[2]) vor, dessen Untersuchungen sich allerdings auf die von Leukocyten ausgehende Keimvernichtung beziehen.

Er nahm die Aussaatgrösse constant (z. B. $^1/_{50}$ Oese Typhusbacillen) und bestimmte entweder die Zeit, binnen welcher die stets gleiche Menge von Bacterien durch eine bestimmte Menge Flüssigkeit, beziehungsweise Zellen vernichtet wurde, oder er zog auch die Menge der Flüssigkeit in Betracht, welche nöthig war, um — offenbar in der gleichen Zeit[3]) — einen bestimmten Effect zu entfalten. Letztere Methode hat bei schärferer Ausarbeitung, namentlich für die Untersuchung der von Zellen ausgehenden Keimvernichtung einen grossen Werth, weil sie gestatten

1) Lubarsch, a. a. O. Nr. 49, S. 488 und an anderen Stellen.

2) Däubler, Centralbl. f. Bacteriol., 1899, Heft 4, S. 134 und 137.

3) Es wäre dringend wünschenswerth, dass so wichtige Untersuchungen, wie die von Däubler, ausführlicher publicirt würden, als dies im Rahmen eines Centralblattes möglich ist. Durch die damit verbundene Zusammendrängung der Versuchsresultate kann die Deutlichkeit Schaden leiden, wie dies bei der summarisch gegebenen Darstellung der Messung der Bactericidie möglich war.

Digitized by Google

wird, die Zahl der Zellen mit der der Bacterien direct zu vergleichen.

Für die vorliegenden Untersuchungen kam es hauptsächlich darauf an, die Werthigkeit des Serums durch die Widerstandskraft der Versuchsbacterien zum Ausdrucke zu bringen. Dazu war die Angabe absoluter Zahlen nicht zu brauchen. Es wurde daher die Widerstandskraft eines Bacillus in einem bestimmten Serum durch einen Bruch ausgedrückt, welcher angibt, auf den wievielten Theil der Aussaatgrösse die noch lebende Bacterienmenge im Laufe des Versuches überhaupt herabgeht. Dieser Bruch kann kurz als Widerstandscoëfficient bezeichnet werden und gibt gleichzeitig ein Maass für die Werthigkeit des Serums ab, da diese der Widerstandskraft der Bacterien umgekehrt proportional ist.

Bei der Feststellung dieses Coëfficienten kann man natürlich die in Betracht kqmmenden Zahlen weitgehend abrunden, da ja die Aussaatgrössen nie vollkommen gleich ausfallen können. So sinkt z. B. im normalen Serum (Tabelle XXI) die Zahl der Pyocyaneusbacillen von 352 und 384 nach 4 Stunden auf 304 und 288. Der Widerstandscoëfficient wäre somit $\frac{304}{352}$ oder $\frac{288}{384}$.

Zählt man die über 50 betragenden Zahlen als neues Hundert und rundet entsprechend die unter 50 liegenden ab, so ergibt sich in beiden Fällen $\frac{300}{400} = {}^3/_4$ als Widerstandscoëfficient.

Durch Zusatz von ${}^1/_{10}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen wird nun der Coëfficient zu $\frac{1656}{312} = \frac{1700}{300} = \frac{17}{3}$ oder $\frac{1440}{296} = \frac{1400}{300} = {}^{14}/_3$.

Der Widerstandscoëfficient ist also nur dann ein echter Bruch, wenn das Serum bactericid gewirkt hat, der Zähler wird grösser als der Nenner, wenn sofortige Vermehrung eintritt.

In Tabelle XX ist danach der Widerstandscoëfficient des Staphylococcus im normalen Serum $= \frac{88}{816}$ und $\frac{107}{792} = \frac{100}{800} = {}^1/_8$.

Verglichen mit den oben für den Pyocyaneus gefundenen zeigt sich, dass der den Widerstandscoëfficienten ausdrückende

Digitized by Google

Bruch umso kleiner wird, je stärker das Serum bactericid wirkte. Der Bruch muss = 1, wenn es sich nicht um eine eigentliche Abtödtung, sondern nur um Entwicklungshemmung handelt, und er wird = 0 werden, wenn völlige Keimvernichtung erfolgt.

Es darf dabei freilich nicht ausser Acht gelassen werden, dass, so wie bei der Methode von Lubarsch, auch bei dieser, immer nur zwei Zahlen verglichen werden können, dass also namentlich die Art und Weise des Sinkens der Keimzahl nicht präcis genug zum Ausdrucke kommt. Dennoch gibt der Widerstandscoëfficient für die folgenden Erwägungen auch ein gutes Maass der Serumwerthigkeit an.

Auch der Einfluss, welchen die, dem Serum vor Beginn des Versuches zugesetzten todten Bacterien ausüben, setzt sich, wie der der lebenden aus zwei Componenten zusammen: der specifischen Consitution ihres Protoplasmas und ihrer Menge.

Auf gewisse, noch gänzlich unbekannte Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Bacterienleiber, ein Verhältnis, welches der Ausdruck »specifische Constitution« kennzeichnen soll, muss man schliessen, nicht nur aus der verschiedenen Widerstandskraft der lebenden Bacillen gegen die Serumalexine, sondern auch aus der Thatsache, dass von verschiedenen Bacterienarten, sehr verschieden grosse Mengen sterilisirter Zellleiber nothwendig sind um die bactericide Kraft einer bestimmten Serummenge aufzuheben. Analoga bilden z. B. das Verhalten verschiedener Mikrobienspecies gegenüber einem und demselben Desinfectionsmittel, sowie das im gleichen Medium sehr verschieden starke Wachsthum verschiedener Bacterienarten.

Der bestimmende Einfluss der Menge der zugesetzten todten Zellen ist ohne Weiteres verständlich, wenn man sieht, wie z. B. in Tabelle XIII erst bei Zusatz von $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen zu 1 ccm Serum Wachsthum eintritt, nicht aber bei $^1/_{30}$ oder $^1/_{25}$ Oese.

Es ist nun von Interesse, zu sehen, wie ganz bestimmte Beziehungen bestehen, zwischen dem Widerstandscoëfficienten der Versuchsbacterien oder der durch denselben ausgedrückten bactericiden Werthigkeit eines Serums einerseits und dem Ver-

halten der todten Zellen zu den Alexinen andrerseits. Auf eine solche Beziehung wurde bereits oben aufmerksam gemacht: sie besteht darin, dass mit dem Sinken der Werthigkeit eines Serums, infolge individueller Verhältnisse des Versuchsthieres, auch die Menge todter Bacterienleiber geringer wird, welche man zusetzen muss, um die Alexine unwirksam zu machen.

Um ein besonders auffälliges Beispiel hiefür zu bringen, sei hier ein Versuch angeführt, welcher dazu geführt hatte, den Grenzwerth für den Choleravibrio anfänglich mit $^1/_2$ Oese und weniger anzunehmen.

Tabelle XXIII.

(Verkürzt wiedergegebener Versuch.)

Anordnung wie in den bisher angeführten Tabellen. Einsaat: Vibrio cholerae.

	Sofort	Nach 3 h
1. Je 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Vibrionen	1 080	119
	1 192	75
2. Je 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todt. Vibrionen	1 760	2 984
	1 424	3 168
3. Je 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Oese todt. Vibrionen	1 072	4 048
	1 664	4 240
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 720	163

Sonst starb der benutzte Cholerastamm im Kaninchenserum binnen 3 Stunden regelmässig ganz oder bis auf sehr wenige Keime ab. Man vergleiche mit den Zahlen dieses Versuches die Tabelle XVIII.

Somit lässt sich sagen, dass die Alexine umso leichter und durch umso geringere Mengen todter Bacterien unwirksam werden, je geringer die bactericide Werthigkeit des Serums von vornherein ist.

Drückt man die Werthigkeit des Serums durch den Widerstandscoëfficienten der zur Einsaat verwendeten Bacterien aus, so kommt man zu dem Satze, dass die Alexine durch diejenigen Bacterien im abgetödteten Zustande am kräftigsten beeinflusst werden, deren Widerstands-

Digitized by Google

kraft im lebenden Zustande am grössten ist. Dies trifft für die bisher genauer studirten Stämme von Bacterien völlig zu. Denn der Bacillus pyocyaneus und der Staphylococcus, deren Widerstandscoëfficient entweder absolut hoch, oder doch im Vergleiche mit dem von Typhus und Cholera sehr bedeutend ist, sind auch diejenigen Stämme, von welchen die geringste Menge todter Zellen genügt, um die Alexine von 1 ccm Kaninchenserum unwirksam zu machen.

Ein schönes Beispiel bietet hiefür auch das Verhalten des Bacterium coli commune, welches bei der theoretischen Ableitung dieses Satzes angeführt werden soll.

Während aber diese Erörterungen nur bei Einsaat von lebenden Bacillen, welche den vorher zugesetzten, abgestorbenen Zellen gleichartig sind, Giltigkeit haben, kommt eine weitere Complication durch die, in Tabelle XIX — XXII erwiesene »specifische« Wirkung der todten Bacterienleiber hinzu.

Man sollte annehmen, dass in einem Serum, welches infolge Zusatzes von $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen, für den Staphylococcus zum Nährboden geworden ist, auch der Typhusbacillus sich vermehren könne.

Wenn man die Thatsache, dass im Blute sofortige Vermehrung stattfindet, ausschliesslich durch die Annahme einer Zerstörung der Alexine erklären würde, so bliebe ein derartiger Befund unverständlich. Man müsste denn weiterhin annehmen, dass die Alexine, welche den Staphylococcus hindern, andere seien als die, welche den Typhusbacillus schädigen. Die nothwendige Consequenz wäre dann, dass im normalen Blute so vielerlei Alexine vorgebildet seien, als es Bacterienarten gibt.

Es ist aber unter Berücksichtigung der oben angeführten Momente wohl möglich, zu einer befriedigenden Erklärung der anscheinenden Specifität der Wirkung todter Bacillen auf die Alexine des normalen Blutes zu gelangen.

Es giebt eine ganze Reihe von Lebenserscheinungen, bei denen dem Aufeinanderwirken zweier Substanzen ein förmlicher Kampf gegen widerstrebende Kräfte vorangeht. So besteht z. B. die Wasseraufnahme der Pflanzen aus dem Boden in einem

Digitized by Google

complicirten Vorgange, bei dem die Kräfte der Wurzelzellen (wasseranziehende Kraft des Zellprotaplasmas etc.) die widerstrebenden Kräfte der Flächenattraction des Wassers seitens der Bodenelemente, der Capillarität etc. zu überwinden haben. Je nach dem Ausmaasse der in den Wurzelzellen vorhandenen Kraft wird die ganze Pflanze entweder leben oder aber vertrocknen.

Auch das Wachsthum der Bacterien im Serum ist ein solcher Vorgang, bei dem zweierlei Kräfte einander entgegenwirken, die für die vorliegenden Versuche einmal durch den Gehalt des Serums an Alexinen, dann aber durch die alexinparalysirenden Fähigkeiten der Bacterienzellen gegeben sind. Auf den Alexingehalt des Serums wirken ein: 1. die lebenden, 2. die todten Bacillen. Die Wirkung beider auf das Serum muss qualitativ die gleiche sein. Denn wenn Serum seine bactericide Eigenschaft nicht mehr zeigen soll, so muss man lebende Bacterien in grosser Menge einbringen und zwar ist diese Menge für verschiedene Arten verschieden gross. Dasselbe gilt auch für die todten Zellen. Dass quantitative Unterschiede in der Wirkung lebender und todter Mikroorganismen auf die Alexine vorhanden sind, ist von vornherein anzunehmen und wird durch einige Versuche von Denys und Kaisin wahrscheinlich gemacht.

Bezeichnet man den Alexingehalt, oder was dasselbe ist, die bactericide Werthigkeit eines Serums mit A, den Einfluss der lebenden Bacterien auf die Alexine, der in der Widerstandskraft derselben zum Ausdrucke gelangt, mit W, die Wirkung der todten Zellen mit T, so wirken aufeinander

$$A \rightleftarrows W + T.$$

Es kann nun $A = W + T$, d. h. Alexine und Bacterien halten sich gewissermaassen das Gleichgewicht, ein Fall, der praktisch nur kurze Zeit andauern, theoretisch aber wohl vorgestellt werden kann, und der seinen Ausdruck in einer Entwicklungshemmung findet; oder aber es ist $A \gtrless W + T$, d. h. die lebenden Bacterien werden vernichtet oder sie wachsen ungehemmt.

Digitized by Google

Nun setzt sich sowohl W als T, wie früher ausgeführt wurde, aus zwei Componenten zusammen, welche durch die specifische Constitution des Bacterienprotoplasmas (s, beziehungsweise σ) und die Menge der lebenden und todten Bacterienindividuen (m beziehungsweise μ) gegeben sind. Die ausgeführte Formel hätte demnach zu lauten

$$A \gtrless (s + m) + (\sigma + \mu).$$

Für ein und denselben Versuch, bei dem man nur den Einfluss der todten Bacterien studiren will, kann W ebenso wie A als constant angesehen werden, während es in der Hand des Untersuchers liegt, in T den einen oder andern oder auch beide Componenten zu variiren. Dies kann für σ durch Einführung einer ungleichnamigen Bacillenart geschehen, für μ durch Aenderung der Individuenzahl, wobei wieder dieselbe oder eine andere Species verwendet werden kann.

Betrachtet man z. B. die Verhältnisse, wie sie bei Zusatz todter und Einsaat lebender Staphylococcen (s) liegen, so ist die Gleichung $A = W_s + (\sigma + \mu)_s$ erfüllt, sobald $\mu = {}^1/_{10}$ Oese todter Coccen, bei einer Einsaat der lebenden, in der ungefähren Individuenzahl von 1000. Ist μ kleiner, so überwiegt A, wie es in Tabelle XIIIa sehr schön zu sehen ist; die Gleichung ist nicht erfüllt und es findet Abtödtung statt. Wird μ grösser genommen, so überwiegen die Factoren auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens, und das von vornherein gesicherte oder nur unbedeutend gehemmte Wachsthum findet in immer üppigerem Maasse statt, bis zu der, durch die Vermehrungsgeschwindigkeit von selbst gezogenen Grenze. (Tabelle XIX und XXa).

In Ansehung der so entwickelten Formel wird es aber auch sofort verständlich, warum von Bacillus pyocyaneus und Staphylococcus nur eine so kleine Zahl von todten Zellen nothwendig ist, um 1 ccm Serum unwirksam zu machen, bei Einsaat der gleichen Art. Denn da der Factor W für beide ohnedies sehr hoch bemessen ist, braucht der zweite, $(\sigma + \mu)$, d. h. der Grenzwerth nur klein zu sein, um die Gleichung $A = W + (\sigma + \mu)$ zu erfüllen. Das ist auch der Grund dafür, aus theoretischen

Digitized by Google

Folgerungen heraus, den Satz für allgemein giltig zu erachten, der oben aus Versuchen empirisch abgeleitet wurde, und der so formulirt werden könnte: Je höher der Widerstandscoëfficient einer lebenden Bacterienart im Serum liegt, desto kleiner ist der Grenzwerth für die gleiche Art im sterilisirten Zustande.

Einen directen Beweis hiefür lieferten einige, in allerjüngster Zeit angestellte Versuche, welche durch die kürzlich erschienene Arbeit von Laschtschenko[1]) veranlasst wurden. Laschtschenko gab an, dass frisch gezüchtete Stämme von Bacterium coli commune sich im defibrinirten Kaninchenblute vermehren, ohne wesentliche Entwicklungshemmung zu erleiden. An sechs, aus Fäces reingezüchteten Stämmen von Bacterium coli konnte diese Angabe bestätigt werden, mit der Einschränkung, dass die von Laschtschenko für das defibrinirte Blut gefundene Thatsache für das zellfreie Serum nicht unbedingt zutrifft. Denn hier kann man in der Regel eine Bactericidie wahrnehmen. Dabei ist aber der Widerstandscoëfficient des frisch gezüchteten Bacterium coli immer noch ein sehr hoher. Hingegen werden lange künstlich fortgezüchtete Colistämme vom Serum sehr stark beeinflusst. War also die obige Folgerung richtig, so musste der Grenzwerth des frisch gezüchteten Colonbacillus sehr niedrig, der des lange cultivirten sehr hoch sein. Wie die folgenden Tabellen zeigen, trifft dies thatsächlich genau zu, ein Befund der umso werthvoller ist, als er an Stämmen derselben Art oder wenigstens der gleichen Gruppe gemacht ist.

Tabelle XXIV.

Kaninchenserum zu je 1 ccm in Eprouvetten vertheilt und mit sterilisirten Aufschwemmungen der III. Generation eines aus Fäces reingezüchteten, typischen Colistammes in der üblichen Weise versetzt. Einsaat: Der gleiche Colonbacillus.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todt. Colonbac.	872	664	3 240
	1 016	736	3 928
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{25}$ Oese todt. Colonbac.	976	984	45 260
	912	1 032	43 400

1) Laschtschenko, Hygienische Rundschau, IX, 1899, Heft 3.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
3. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Colonbac.	896	1 344	∞
	1 088	1 920	∞
4. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todt. Colonbac.	856	1 288	∞
	984	1 360	∞
6. 1 ccm Serum und $^1/_{20}$ Cultur todter Colonbac.	1 008	1 296	∞
	1 024	1 520	∞
7. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	952	256	1 856
	1 072	352	1 264

Tabelle XXV.

Kaninchenserum. Anordnung wie bisher. Der verwendete Colistamm ist seit langer Zeit in der Sammlung des hygienischen Institutes fortgezüchtet. Einsaat: Der gleiche Colonbacillus.

	Sofort	Nach 5 h
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Colonbacillen	800	0
	832	0
2. 1 ccm Serum u. $^1/_4$ Oese todt. Colonbacillen	1 008	39
	928	18
3. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todt. Colonbacillen	848	336
	864	392
4. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	1 024	1
	1 184	0

Wendet man bei solchen Versuchen aber ungleichartige, lebende und todte Bacterien an, z. B. lebende Typhusbacillen und sterilisirte Staphylococcen (s), wieder unter der Voraussetzung, dass die Zahl der Typhuskeime (t) ungefähr 1000 ist, so würde die Gleichung $A = W_t + (\sigma + \mu)_s$, bei Anwendung von $\mu = {}^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen nur dann erfüllt sein, wenn die durch den Widerstandscoëfficienten ausgedrückte Widerstandskraft des Typhusbacillus der des Staphylococcus gleichkäme. Da dies nicht der Fall ist, so ist der Factor auf der linken Seite des Gleichheitszeichens überwiegend und es findet Abtödtung statt.

Da aber die in der Klammer stehenden Factoren, $(\sigma + \mu)$, variabel sind, so muss es möglich sein, durch die Veränderung des einen oder des andern die Gleichung in ihrer allgemeinen Form für jeden beliebigen lebenden Mikroorganismus durch

Digitized by Google

einen andersartigen todten zu erfüllen, d. h. durch wechselnde Mengen todter Bacterienarten ein Serum für beliebige lebende unwirksam zu machen.

Die Richtigkeit dieser Folgerungen zu prüfen, standen zwei Wege offen: es konnte gezeigt werden, dass sich zwei Mikrobienarten von gleich grossem Widerstandscoëfficienten bezüglich ihres Grenzwerthes gegenseitig vertreten können; oder musste nachgewiesen werden, dass es möglich sei, durch Variirung der Grösse des Zusatzes todter Bacterien einer Art in einem bestimmten Serum jeden anderen Mikroorganismus zum Wachsen zu bringen.

Die erste Methode ist mit der grossen Schwierigkeit verbunden, zwei Arten mit genau gleichen Widerstandscoëfficienten zu ermitteln, ein mühevolles Unternehmen, das bisher keinen sicheren Erfolg hatte. Jedoch gelingt es unter Umständen, eine wenigstens theilweise Vertretung des Bacillus pyocyaneus durch den Staphylococcus zu Wege zu bringen. Die folgenden Tabellen lassen auch den wahrscheinlichen Grund erkennen, weshalb für diese beiden Arten die Vertretung nicht immer gelingt.

Tabelle XXVI.

Kaninchenserum. Anordnung die gewöhnliche.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 7 h
a) Einsaat Staphylococcus.			
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Staphylococcen	904	448	112 000
	952	664	121 500
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen	584	648	ca. 200 000
	912	896	
3. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Staphylococcen	1 008	1 544	ca. $^1/_2$ Million
	840	1 352	
4. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	624	254	5 250
	980	384	7 300
5. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	784	792	7 680
	896	864	10 500
6. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	904	912	79 300
	816	680	77 420
7. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. Na Cl-Lösung	980	43	808

	Sofort	Nach 3 h	Nach 7 h
b) Einsaat Bac. pyocyaneus.			
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Staphylococcen	764	736	6 680
	472	496	6 500
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen	728	680	5 800
	616	968	5 750
3. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Staphylococcen	600	712	6 300
	680	944	6 500
4. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	944	520	39 300
	792	488	18 000
5. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	696	832	31 000
	776	936	40 000
6. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	712	872	ca. 200 000
	856	872	
7. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	984	336	1 240
	968	400	1 028

Kann man hier von einer, wenigstens theilweisen Vertretung beider Arten sprechen, so ist dies im folgenden Versuche nicht der Fall.

Tabelle XXVII.

Kaninchenserum. Anordnung wie bisher.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
a) Einsaat Staphylococcus.			
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen	1 432	824	72 600
	1 112	608	68 430
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	1 408	110	112
	1 232	94	90
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 280	24	27
b) Einsaat Bac. pyocyaneus.			
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen	1 312	864	16 320
	1 384	1 048	12 340
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	1 280	2 352	32 260
	1 024	1 136	30 570
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 256	1 248	6 576

Der Grund, dass die verwendeten Arten sich das eine Mal vertreten konnten, das andere Mal nicht, liegt offenbar in der verschiedenen Wirksamkeit des Serums dem Staphylo-

coccus gegenüber. In Tabelle XXVI ist dieselbe, wie sich nach 7 Stunden deutlich zeigt, weitaus geringer als in Tabelle XXVII. Daher mag es kommen, dass daselbst der Zusatz von $^1/_{10}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen schon Wachsthum ermöglichte, was im zweiten Falle nicht zutraf.

Im Allgemeinen ist jedenfalls der Grössenunterschied zwischen den Widerstandscoëfficienten des Bac. pyocyaneus und Staphylococcus zu gross, als dass ein ganz gleichmässiges Resultat erwartet werden könnte.

Die zweite der angeführten Methoden führte in jedem Falle zum Ziel. Durch Vergrösserung des Factors μ liess sich ein Serum so verändern, dass darin jeder Mikroorganismus zu wachsen vermochte.

Tabelle XXVIII.

Kaninchenserum. Anordnung die gewöhnliche. Da das Verhalten des Staphylococcus bei Einsaat desselben aus den früheren Tabellen deutlich hervorgeht, wurden von diesem nur wenige Controlproben hergestellt.

	Sofort	Nach $4^1/_2$ h
a) Einsaat Staphylococcus.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Staphylococc.	880	2 544
2. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todt. Staphylococc.	968	4 656
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	896	72
b) Einsaat Vibrio cholerae.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Staphylococcen	624	4
	640	1
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Staphylococcen	696	968
	816	872
3. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todter Staphylococcen	728	2 266
	504	2 088
4. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	760	0
c) Einsaat Bac. typhi.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todter Staphylococcen	984	31
	1 072	48
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Staphylococcen	992	576
	968	464
3. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todter Staphylococcen	1 080	1 920
	1 024	2 288
4. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	1 056	1

Digitized by Google

Es war somit gelungen, durch eine starke Erhöhung der zugefügten Menge todter Staphylococcen auch die so empfindlichen Stämme des Choleravibrio und Typhusbacillus zum ungehinderten Wachsthum zu bringen. Ueberzeugende Beweise für die Richtigkeit der abgeleiteten Formel brachten die folgenden Versuche, die einen vollen Einblick in das anscheinend specifische Verhalten todter Bacterien auf das Serum gewähren.

Tabelle XXIX.

Kaninchenserum. Anordnung wie bisher.

	Sofort	Nach $4^1/_2$ h
a) Einsaat: Bac. pyocyaneus.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Cultur todter Typhusbac.	784	1 016
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Typhusbac.	952	992
3. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todter Typhusbac.	816	1 024
4. 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Cultur todter Typhusbat.	944	1 368
5. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. Na Cl-Lösung	896	1 040
b) Einsaat: Staphylococcus.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Cultur todter Typhusbac.	1 280	5 768
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Typhusbac.	1 176	9 200
3. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todter Typhusbac.	1 152	11 131
4. 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Cultur todter Typhusbac.	1 208	12 340
5. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	1 328	944
c) Einsaat Vibrio cholerae.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Typhusbac.	216	0
	168	2
2. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todter Typhusbac.	176	21
	208	12
3. 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Cultur todter Typhusbac.	192	8
	240	13
4. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	208	0
d) Einsaat Bac. typhi.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Typhusbac.	680	5
	704	4
2. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todter Typhusbac.	856	1 232
	688	1 112
3. 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Cultur todter Typhusbac.	720	4 320
	688	5 048
1. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	712	0

Ein Vergleich der Abtheilungen *b* und *d* zeigt, dass unter Umständen, wie sie hier bei einem für den Staphylococcus

Digitized by Google

wenig wirksamen Serum herrschen, ein bestimmter Zusatz todter Typhusbacillen dem Coccus schon ungehemmtes Wachsthum ermöglicht, während durch den gleichen Zusatz die Alexine für den Typhusbacillus selbst noch nicht unwirksam geworden waren. Dafür tritt wieder, beim Vergleich der Abtheilungen c und d, der anscheinend streng specifische Charakter des Vorganges deutlich hervor. Das Gleiche zeigt

Tabelle XXX.

Kaninchenserum. Anordnung wie vorher.

	Sofort	Nach 5 h
a) Einsaat Vibrio cholerae.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Cultur todter Cholera-vibrionen	1 504	680
	1 584	1 096
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Cholera-vibrionen	1 424	über 10 000
	1 512	
3. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todter Cholera-vibrionen	1 352	über 10 000
	1 472	
4. 1 ccm Serum u $^1/_2$ Cultur todter Cholera-vibrionen	1 448	
	1 792	
5. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. Na Cl-Lösung	1 456	0
b) Einsaat bac. typhi.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Cultur todter Cholera-vibrionen	880	11
	1 000	2
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todter Cholera-vibrionen	992	6
	816	2
3. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todter Cholera-vibrionen	832	15
	872	9
4. 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Cultur todter Cholera-vibrionen	1 048	8
	984	17
5. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. Na Cl-Lösung	1 088	0
c) Einsaat Staphylococcus.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Cultur todt. Cholera-vibrionen	416	1 440
	488	1 576
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Cultur todt. Cholera-vibrionen	528	
	392	
3. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Cultur todt. Cholera-vibrionen	384	über 8 000
4. 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Cultur todt. Cholera-vibrionen	496	
5. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	560	432

Diese Versuche werden durch Anwendung der Formel $A = W + (\sigma + \mu)$ leicht verständlich. Denn da es sich offenbar nur darum handelt, die rechts vom Gleichheitszeichen stehende Summe grösser zu machen als A, so muss es ziemlich gleichgültig sein, ob diese Vergrösserung durch den einen oder den andern Theil bedingt wird. Ist also die Widerstandskraft der lebenden Bacillen sehr hoch, wie es sich in den letzten Versuchen für den Staphylococcus glücklich getroffen hat, so braucht der von den todten Zellen auf die Alexine ausgeübte Einfluss nur gering zu sein. Ist hingegen die Widerstandskraft, wie beim Choleravibrio und Typhusbacillus sehr gering, so fällt den todten Zellen die Paralysirung der Alexine fast allein zu und $(\sigma + \mu)$ muss einen sehr hohen Werth annehmen.

Tabelle XXXI.

Kaninchenserum. Die Anordnung weicht von der bisherigen nur insofern ab, als die grossen Mengen todter Zellen diesmal nicht in 0,1, sondern in 0,2 ccm physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt sind.

	Sofort	Nach 4 h
a) Einsaat Vibrio cholerae.		
1. 1 ccm Serum u. ½ Cultur todt. Choleravibr.	304	3 848
2. 1 ccm Serum u. 1 Cultur todt. Choleravibr.	288	6 030
3. 1 ccm Serum u. ½ Cultur todt. Typhusbac.	376	114
	216	193
4. 1 ccm Serum u. 1 Cultur todt. Typhusbac.	352	1 280
	424	1 528
5. 1 ccm Serum u. 0,2 ccm physiol. Na Cl-Lösung	320	0
b) Einsaat Bac. typhi.		
1. 1 ccm Serum u. ½ Cultur todter Typhusbac.	296	1 616
2. 1 ccm Serum u. 1 Cultur todter Typhusbac.	352	2 112
3. 1 ccm Serum u. ½ Cultur todter Choleravibrionen	792	1 968
	664	1 504
4. 1 ccm Serum u. 1 Cultur todter Choleravibrionen	408	4 320
	640	4 080
5. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	624	12

Hier hat sowohl der Choleravibrio im Serum mit todten Typhusbacillen wachsen können, wie der Typhusbacillus in dem mit todten Vibrionen; ja es ist sogar die Entwicklung des

letzteren hier noch etwas üppiger, als nach Zusatz todter Typhuszellen, was jedenfalls davon herrührt, dass von zwei gleichalten Agarculturen beider Stämme, die des Vibrio cholerae weitaus üppiger ist.

Danach dürfte die Giltigkeit der Formel: $A = (s + m) + (\sigma + \mu)$ für die vorliegenden Versuche erwiesen sein.

VI. Versuche über die Art der Wirkung todter Bacterien auf die Alexine.

Die vorstehenden Versuche haben die bereits mehrfach beobachtete Thatsache bestätigen können, dass todte Bacterienleiber eine Ausschaltung der Alexinwirkung herbeiführen. Es konnte gezeigt werden, dass zur Erreichung dieses Effectes von verschiedenen Bacterienarten sehr verschieden grosse Mengen todter Zellen erforderlich sind. Die älteren Angaben von Nissen über eine gewisse specifische Wirkung der Bacterien auf die bactericide Wirksamkeit des Blutes konnten extravasculär, am zellfreien Serum bestätigt und erweitert werden. Die an die Beobachtung der »specifischen« Wirkung geknüpften, theoretischen Reflexionen, deren Geltung durch eine Reihe, ad hoc angestellter Experimente bekräftigt wird, haben zu dem Versuche einer Erklärung der Art und Weise geführt, wie diese anscheinend qualitativ specifische Wirkung der Bacterienzellen auf die Alexine, nur als eine quantitativ specifische in Betracht kommt. Es ist zu verlockend, um nicht darauf hinzuweisen, dass vielleicht auch für die Deutung gewisser, bei der Immunisirung auftretender Erscheinungen, eine ähnliche wie die hier vorgeschlagene Betrachtungsweise vortheilhaft sein könnte. Steht es ja jetzt schon für gewisse Immunitätsreactionen, z. B. für die Agglutinationserscheinungen beim Typhus und Colonbacillus ziemlich fest, dass ihr specifischer Charakter nicht so sehr durch qualitative, als vielmehr quantitative Momente bedingt ist.

Aber einen Einblick in die Art und Weise der Beeinflussung der Alexine durch die Bacterienzelle haben alle diese Versuche nur nach einer Richtung hin gebracht: dass nämlich das Unwirksamwerden eines so behandelten Serums nicht mit

der Inactivirung im gewöhnlichen Sinne verglichen werden kann. Denn unter »Inactivirung« in dem Sinne, wie er von Buchner zuerst eingeführt und seither beibehalten wurde, versteht man jeden Eingriff, bei welchem die bactericiden Effecte des Blutes und Serums durch Zerstörung der Alexine beseitigt werden. Das kann geschehen durch Erhitzen, durch Insolation u. dgl. Charakteristisch für ein inactivirtes Serum ist der Umstand, dass sich Bacterien in demselben allsogleich und üppig vermehren können. In diesem strengen Sinne ist ein durch Zusatz todter Bacterienleiber unwirksam gewordenes Serum nicht als inactivirt zu betrachten. Denn in gar vielen Fällen ist noch eine deutliche Entwickelungshemmung oder auch Keimabnahme in den ersten Zeiten wahrzunehmen; das könnte aber schliesslich durch eine nur theilweise Zerstörung der Alexine erklärt werden. Völlig unvereinbar mit dem Begriffe der Inactivität aber ist der Befund, dass ein durch Zusatz von $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen unwirksam gewordenes Serum, den Staphylococcus selbst wachsen, den Typhusbacillus aber nicht aufkommen lässt. Es kann sich also nicht um eine Zerstörung der Alexine schlechtweg handeln.

Es dürfte hier der Ort sein, auf Versuche einzugehen, die für eine eigenartige, nicht rein quantitativ chemische Wirkung der Zellen auf die Alexine sprechen.

Tabelle XXXII.

12 ccm Kaninchenserum werden in 6 Röhrchen vertheilt, von welchen 2 je 1, 2 je 2, 2 je 3 ccm enthalten. Von den Röhrchen mit je 1 ccm Serum dient das eine als Controle, das andere erhält einen Zusatz von $^1/_{10}$ Oese todter Staphylococcen in 0,1 ccm physiologischer NaCl-Lösung. Die übrigen werden mit den unten angeführten Quantitäten der gleichen Aufschwemmung versetzt. Die Einsaat erfolgt in einer der jeweiligen Serummenge entsprechenden Grösse. Einsaat: Staphylococcus.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 7 h
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Staphylococc.	1 096	1 232	ca. $^1/_2$ Mill.
2. 2 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Staphylococc.	1 078	1 088	400 000
3. 2 ccm Serum u. $^2/_{10}$ Oese todt Staphylococc.	1 176	1 256	490 000
4. 3 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Staphylococc.	1 104	840	63 470
5. 3 ccm Serum u. $^3/_{10}$ Oese todt. Staphylococc.	1 096	1 144	320 000
6. 1 ccm Serum u 0,1 ccm physiol. NaCl-Lösung	1 120	19	84

Tabelle XXXIII.

Kaninchenserum. Die dem vorigen Versuche ähnliche Anordnung ist aus der Tabelle selbst ohne Weiteres ersichtlich. Einsaat: Staphylococcus.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Staphylococc.	1 624	1 936	132 000
2. $1^1/_2$ ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Staphylococcen	1 744	832	24 600
3. $1^1/_2$ ccm Serum u. $^1/_7$ Oese todt. Staphylococcen	1 168	694	15 160
4. 2 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Staphylococc.	1 472	472	31 780
5. 2 ccm Serum u. $^2/_{10}$ Oese todt. Staphylococc.	1 376	1 344	40 900
6. 3 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Staphylococc.	2 240	1 088	40 000
7. 3 ccm Serum u. $^3/_{10}$ Oese todt. Staphylococc.	1 536	880	25 300
8. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. NaCl-Lösung	1 824	12	72

Die Tabellen zeigen, dass die Menge todter Coccen, die für das Unwirksamwerden von 1 ccm Serum genügt, unter Umständen auch grössere Quantitäten beeinflussen kann. Versuche daraus, eine enzymhaltige Wirkung der todten Zellen abzuleiten, hatten schliesslich umsoweniger Erfolg, als ja auch die durch Hitze nicht zerstörbare Wirksamkeit gegen eine solche Annahme spricht.

Weiter wurde versucht, festzustellen, ob die Anwesenheit der abgetödteten Mikroorganismen im Serum während der ganzen Versuchsdauer nothwendig ist und ob durch ihre Entfernung das Serum wieder wirksam gemacht werden könne. Das sicherste Mittel dazu würde die keimdichte Filtration eines vorher mit Bacterien versetzten Serums bieten. Da sich aber dieser Weg, nach den eingangs mitgetheilten Versuchen von selbst verbot, blieb nur übrig, die Abscheidung der zugesetzten Bacterien durch ausgiebiges Centrifugiren anzustreben. Es wird freilich nie gelingen, auf diese Weise alle Zellen aus dem Serum wegzubringen: in der Hauptsache aber erreicht man diesen Zweck doch so vollständig, dass in mikroskopischen Präparaten der abgehobenen klaren Flüssigkeit erst auf viele Gesichtsfelder ein oder der andere Coccus zu sehen ist. Die Verwendung des Staphylococcus

zu diesen Versuchen empfahl sich, einerseits wegen der sicheren Wirkung, welche relativ geringe Mengen im abgetödteten Zustande auf das Serum ausüben, andrerseits, weil er noch genug empfindlich gegen die bactericide Wirkung der Controlproben ist.

Tabelle XXXIV.

10 ccm Kaninchenserum werden in 4 Röhrchen zu je 1, und 2 zu je 3 ccm gefüllt. Letztere erhalten einen Zusatz von je $^3/_{10}$ Oesen durch Hitze getödteter Staphylococcen in 0,1 ccm NaCl und werden centrifugirt, nachdem die eine $^1/_4$ Stunde, die andere 4 Stunden sammt den entsprechenden Controlen bei 37° gestanden hatte. Nach der völlig gelungenen Ausscheidung der Coccen werden je 2 ccm der klaren Flüssigkeit abgehoben und verwendet.

Einsaat: Staphylococcus.

I. Serie. Die zum Centrifugiren bestimmten Proben standen mit den Controlen vorher $^1/_4$ Stunde bei 37°.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. 1 ccm klares Centrifugat	424	336	36 380
	296	149	40 480
2. 1 ccm Serum mit $^1/_{10}$ Oese todt. Coccen	360	380	96 300
3. 1 ccm Serum mit 0,1 ccm phys. NaCl-Lösung	352	0	168

II. Serie. Die zum Centrifugiren bestimmten Proben standen vorher sammt den Controlen 4 Stunden bei 37°.

1. 1 ccm klares Centrifugat	464	1 544	98 500
	488	1 936	71 480
2. 1 ccm Serum mit $^1/_{10}$ Oese todt. Coccen	840	1 656	112 500
3. 1 ccm Serum mit 0,1 ccm phys. NaCl-Lösung	568	12	179

Tabelle XXXV.

Kaninchenserum. Die zum Centrifugiren bestimmten Proben mit je 4 ccm erhalten einen Zusatz von $^4/_{10}$ Oesen todter Staphylococcen und zwar die der ersten Serie in einem Raume von 9°, wo alles zum Centrifugiren bereit steht. Sofort nach Zusatz wird centrifugirt. Das Serum der zweiten Serie wird vorher 5 Stunden bei 37° gehalten. Nach beendigtem Centrifugiren werden 2 ccm der klaren Flüssigkeit abgehoben, während der graue, an die Wände der Eprouvette fest angelegte Bodensatz in dem Reste der Flüssigkeit (2 ccm) gleichmässig vertheilt wird. Die jeweiligen Controlproben sind gleichzeitig

angelegt und entsprechend den Versuchsröhrchen behandelt worden. Einsaat: Staphylococcus.

I. Serie. Sofort nach Zusatz der todten Coccen centrifugirt.

	Sofort	Nach $2^1/_2$ h	Nach 5 h
1. 1 ccm klares Centrifugat	560	192	7 260
	536	264	7 740
2. 1 ccm Centrifugat mit Coccensatz	832	832	27 180
	912	992	29 120
3. 1 ccm Serum mit $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	888	504	23 100
	808	592	17 000
4. 1 ccm Serum mit 0,1 ccm phys. NaCl-Lösung	408	22	84
	624	26	36

II. Serie. Die Proben standen vor dem Centrifugiren 5 Stunden bei 37°.

1. 1 ccm klares Centrifugat	488	560	18 300
	704	624	10 650
2. 1 ccm Centrifugat mit Coccensatz	896	1 392	37 260
	944	768	30 300
3. 1 ccm Serum mit $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	880	840	25 500
	928	1 032	21 300
4. 1 ccm Serum mit 0,1 ccm phys. NaCl-Lösung	800	2	132
	728	45	59

Auch bei dieser Versuchsanordnung tritt der anscheinend specifische Einfluss, den die todten Bacterien auf das Serum ausüben scharf hervor.

Tabelle XXXVI.

Kaninchenserum. Ausser den nöthigen Controlen werden 2 Proben zu je 8 ccm hergestellt, mit $^8/_{10}$ Oesen todter Staphylococcen versetzt und die eine unmittelbar darauf, die andere nach 3stündigem Verweilen bei 37° centrifugirt. Dann wird wie im vorigen Versuche die Hälfte der Flüssigkeit abgehoben, die andere mit dem Bodensatze vermischt.

I. Serie. Sofort nach Zusatz der todten Coccen centrifugirt.

	Sofort	Nach $2^1/_2$ h	Nach 6 h
a) Einsaat: Staphylococcus.			
1. 1 ccm klares Centrifugat	192	104	2 032
	176	176	3 136
2. 1 ccm Centrifugat mit Bodensatz	200	192	12 180
	280	208	13 230
3. 1 ccm Serum mit $^1/_{10}$ Oese todt. Coccen	224	108	7 520
4. 1 ccm Serum mit 0,1 ccm phys. NaCl-Lösung	336	5	83

	Sofort	Nach $2^1/_2$ h	Nach 6 h
b) Einsaat: Vibrio cholerae.			
1. 1 ccm klares Centrifugat	480	0	0
	392	0	2
2 1 ccm Centrifugat mit Coccensatz	456	1	1
	448	0	1
3. 1 ccm Serum mit $^1/_{10}$ Oese todt. Coccen	560	0	1
4. 1 ccm Serum mit 0,1 ccm phys. Na Cl-Lösung	408	0	0
II. Serie. Die Proben standen vor dem Centrifugiren 3 Stunden bei 37°.			
a) Einsaat: Staphylococcus.			
1. 1 ccm klares Centrifugat	224	152	11 370
	256	136	15 400
2. 1 ccm Centrifugat mit Coccensatz	248	296	16 100
	200	232	14 560
3. 1 ccm Serum mit $^1/_{10}$ Oese todt. Coccen	216	364	12 740
4. 1 ccm Serum mit 0,1 ccm phys. Na Cl-Lösung	328	12	13
b) Einsaat Vibrio cholerae.			
1. 1 ccm klares Centrifugat	392	2	4
	304	31	0
2. 1 ccm Centrifugat mit Coccensatz	400	9	0
	360	1	1
3. 1 ccm Serum mit $^1/_{10}$ Oese todt. Coccen	352	0	0
4. 1 ccm Serum mit 0,1 ccm phys. Na Cl-Lösung	320	1	3

Es ist also die Anwesenheit der todten Bacterien nicht nothwendig und ihre Entfernung stellt die bactericide Fähigkeit des Serums nicht wieder her. Die Versuche deuten ferner an, dass eine schwache Keimvernichtung und Entwickelungshemmung noch in jenen Proben vorhanden ist, in welchen das Serum mit den Coccen nur kurze Zeit in Berührung stand, dass aber ein länger dauernder Contact auch auf diese Reste noch ungünstig einwirkt. Während der Staphylococcus nach Entfernung der todten Zellen in seinem Wachsthum nur unwesentlich gehemmt war, fand beim Choleravibrio stärkste Vernichtung statt. Aber auch er lässt sich unter diesen Umständen zum Wachsthum bringen.

Digitized by Google

Tabelle XXXVII.

Von Kaninchenserum werden 2 Proben von je 6 ccm hergestellt, die eine mit $^6/_{10}$ Oesen, die andere mit $^6/_5$ Agarculturen von Staphylococcus versetzt, $^1/_2$ Stunde bei 37° belassen und sodann centrifugirt. Von der klaren Flüssigkeit werden je 4 ccm abgehoben und sonst wie im vorigen Versuche behandelt.

	Sofort	Nach $4^1/_2$ h
a) Einsaat: Staphylococcus.		
1. 1 ccm klares Centrifugat (Probe mit $^6/_{10}$ Oesen todter Coccen)	776	1 160
	1 152	2 600
2. 1 ccm klares Centrifugat (Probe mit $^6/_5$ Cultur todter Coccen)	896	2 176
	792	2 116
3. 1 ccm Centrifugat m. Coccensatz (Probe m. $^6/_{10}$ Oes.)	1 024	3 992
4. 1 ccm Centrifugat m. Coccensatz (Probe m. $^6/_5$ Cult.)	752	3 360
5. 1 ccm Serum mit $^1/_{10}$ Oese todter Coccen	856	4 928
6. 1 ccm Serum mit 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	976	328
b) Einsaat: Vibrio cholerae.		
1. 1 ccm klares Centrifugat (Probe mit $^6/_{10}$ Oesen)	984	0
	800	0
2. 1 ccm klares Centrifugat (Probe mit $^6/_5$ Cultur)	848	1 192
	880	1 016
3. 1 ccm Centrifugat m. Coccensatz (Probe m. $^6/_{10}$ Oes.)	872	0
4. 1 ccm Centrifugat m. Coccensatz (Probe m. $^6/_5$ Cult.)	952	7 985
5. 1 ccm Serum mit $^1/_6$ Cultur todter Coccen	984	3 264
6. 1 ccm Serum mit 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	1 048	1

Der Parallelismus zwischen dem Verhalten eines Serums, welches noch die abgetödteten Coccen enthält und dem eines solchen, aus dem sie entfernt wurden, ist somit ein vollständiger.

Berücksichtigt man, dass, wie oben angeführt, gewichtige Gründe gegen die Annahme einer völligen Zerstörung der Alexine durch todte Bacterien sprechen, so macht das rasche Verschwinden unmittelbar nach Zusatz der todten Zellen unwillkürlich den Eindruck, als ob die Alexine entweder chemisch, wie ein unlöslicher und daher unwirksamer Niederschlag, auf Zusatz der sterilisirten Zellaufschwemmung als Reagens ausgefallen wären, oder als ob dynamisch sich die gegenseitigen Activitäten des Serum- und des Bacterieneiweisses paralysirt hätten.

VII. Versuche über die Regeneration der Alexine.

In aller Kürze sollen noch einige Versuche Erwähnung finden, die sich zunächst auf die in Tabelle XV hervortretende Erscheinung beziehen, dass Serum mit abgetödteten Bacillen, welches sofort oder kurze Zeit nach Zusatz der letzteren mit lebenden inficirt wurde, eine reichlichere Entwickelung gestattet als dann, wenn die Bacterien längere Zeit bei 37° mit dem Serum in Berührung gewesen waren.

Tabelle XXXVIII.

15 ccm Kaninchenserum werden in 3 Serien zu je 5 Eprouvetten mit 1 ccm getheilt, mit todten Pyocyaneusbacillen versetzt und mit diesen verschieden lange Zeit in Berührung gelassen. Das Resultat der Zählung der ersten Serie ist gelegentlich der Besprechung der Grenzwerthbestimmung bereits in Tab. XVI mitgetheilt. Einsaat: Bac. pyocyaneus.

I. Serie. Einsaat sofort nach Zusatz der todten Bacillen. S. Tab. XVI.

II. Serie. Vor der Einsaat standen die Proben 3 Stunden bei 37°.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	9 400	6 200	21 800
	6 300	4 520	9 680
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	5 870	6 100	26 620
	6 000	5 760	29 040
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	6 500	4 800	8 340

III. Serie. Vor der Einsaat standen die Proben 6 Stunden bei 37°.

1. 1 ccm Serum u. $^1/_{50}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	5 070	4 620	6 870
	5 100	5 360	7 100
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Pyocyaneusbacillen	4 020	5 700	6 300
	3 500	3 990	5 980
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	3 900	2 450	5 300

Ein deutliches Resultat liefern die nach 6 Stunden angelegten Platten der III. Serie in dem gewaltigen Sinken der Colonienzahl.

Tabelle XXXIX.

21 ccm Serum mit todten Typhusbacillen versetzt. Anordnung wie im vorigen Versuche. Einsaat: Bacillus typhi.

I. Serie. Einsaat sofort nach Zusatz der todten Typhusbacillen.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Typhusbacillen	352	39	14
	392	55	23
2. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todt. Typhusbacillen	416	161	272
	488	104	296
3. 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Oese todt. Typhusbacillen	504	312	320
	432	280	336
4. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	480	15	0
II. Serie. Vor der Einsaat standen die Proben 3 Stunden bei 37°.			
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Typhusbacillen	384	81	13
	424	136	10
2. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todt. Typhusbacillen	480	96	144
	528	97	121
3. 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Oese todt. Typhusbacillen	440	128	90
	424	112	109
4. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	504	39	0
III. Serie. Vor der Einsaat standen die Proben 6 Stunden bei 37°.			
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todt. Typhusbacillen	408	20	8
	360	18	4
2. 1 ccm Serum u. $^1/_5$ Oese todt. Typhusbacillen	304	12	4
	376	29	8
3. 1 ccm Serum u. $^1/_2$ Oese todt. Typhusbacillen	288	23	16
	392	42	20
4. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	400	11	5

In diesem Versuche wurde der Grenzwerth der Typhusbacillen nicht erreicht. Dennoch hatte der Zusatz von $^1/_2$ Oese die Serumalexine bereits merklich alterirt, aber nur in der ersten Serie in wesentlichem Maasse. Noch auffallender wurde dies nach 24 Stunden Aufenthalt der Proben im Brutschrank. Danach waren alle Proben der ersten Serie, mit Ausnahme von 4, dicht trüb, während von denen der zweiten Serie nur die unter 3 stehenden eine Trübung zeigten und alle anderen dauernd klar blieben.

Tabelle XL.

24 ccm Kaninchenserum in 3 Serien mit todten Staphylococcen versetzt. Einsaat: Staphylococcus.

I. Serie. Sofort nach Zusatz der todten Coccen besät.

	Sofort	Nach $4^1/_2$ h
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Coccen . .	528	2 304
	600	3 872
	568	3 136
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen . .	664	4 592
	400	2 052
	464	4 016
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. NaCl-Lösung	424	168
	704	152
II. Serie. Vor der Einsaat standen die Proben 5 Stunden bei 37°.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Coccen . .	584	392
	496	328
	608	274
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen . .	552	3 522
	456	1 696
	520	2 128
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. NaCl-Lösung	552	101
	520	48
III. Serie. Vor der Einsaat standen die Proben 12 Stunden bei 37°.		
1. 1 ccm Serum u. $^1/_{20}$ Oese todter Coccen . .	576	336
	424	82
	480	464
2. 1 ccm Serum u. $^1/_{10}$ Oese todter Coccen . .	528	1 428
	512	752
	280	1 352
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm phys. NaCl-Lösung	352	120
	472	128

Es liegt nahe, aus solchen Versuchen, von denen der letzte wohl am klarsten ist, den Schluss zu ziehen, dass die durch die abgetödteten Bacterien paralysirten Alexine sich allmählich regeneriren können. Man könnte sich vorstellen, dass das Bacterienprotoplasma mit den Alexinen eine lockere Bindung eingeht, die unter Umständen wieder gelöst werden kann.

Es darf aber nicht verschwiegen bleiben, dass ein solches Resultat nicht in allen Fällen zu erzielen war. Offenbar handelt es sich hier, beim extravasculären Blute, um complicirte Verhältnisse, die der Untersucher nicht zu übersehen, viel weniger zu beherrschen vermag. Weiteren Studien möge es vorbehalten sein, hierüber Aufschluss zu bringen.

Dass diese Versuche überhaupt erwähnt wurden, hat seinen Grund in einer Beobachtung von Bonaduce. Dieser hielt Serum, welches theils mit abgestorbenen Milzbrandbacillen versetzt, theils ohne Zusatz war, 3 Tage lang bei 39,3°. Inficirte er es hierauf mit Milzbrand, so fand in den sterilen Proben bessere Entwickelung statt als in jenen, welche die todten Bacillen enthielten. Er schliesst daraus, dass »dieselben todten Bacillen, welche mit den lebendigen gleichzeitig in das Serum eingesät, die Entwickelung begünstigen, jetzt, nachdem sie einige Zeit bei Körpertemperatur mit dem Serum in Berührung geblieben sind, andere Substanzen entwickeln, welche das Wachsthum hemmen«. Diese Substanzen bezeichnet Bonaduce nach Kruse als Antilysine.

Mit den obigen Experimenten scheint auf den ersten Blick dieses Resultat des italienischen Forschers sehr gut übereinzustimmen. Doch lehrt eine nähere Ueberlegung, dass es sich dabei um etwas Anderes handeln müsse. Abgesehen davon, dass es nach dem Ausfalle der Thierimpfungen fraglich ist, ob die Milzbrandbacillen Bonaduce's wirklich abgestorben waren, so kann ein Serum, welches 3 Tage bei 39° gestanden hatte, zu einem bactericiden Versuche umsoweniger geeignet sein, als Bonaduce kurz vorher (S. 366) selbst bemerkt, dass nach 3tägiger Aufbewahrung bei 39° das keimwidrige Vermögen stets geschwunden sei. Es kann sich daher in Bonaduce's Versuchen kaum um einen vom Serum selbst ausgehenden, milzbrandschädigenden Einfluss gehandelt haben, also auch von einer Art Regeneration der Alexine nicht die Rede sein. Bonaduce selbst vermuthet, dass die Bacillen die entwickelungshemmende Substanz »entwickeln«, wenn man sich auch die Art und Weise dieses Vorganges schwer vorstellen kann.

VIII. Versuche über den Antheil löslicher Stoffwechselproducte an der Paralysirung der Alexine.

Im Anschlusse an die Ergebnisse der Arbeit von Schneider[1]) wurden einige Versuche angestellt, welche es als möglich erscheinen lassen, dass auch bei Zusatz von sterilisirten Bouilloncultureu zum Serum die Bacterienleiber beim Unwirksamwerden desselben eine Rolle spielen.

Tabelle XLI.

Kaninchenserum in 5 Röhrchen zu je 1 ccm, von denen 4 mit alter Staphylococcenbouilloncultur versetzt werden. Diese wurde durch ½ Stunde Verweilen im siedenden Wasserbade sterilisirt und die Hälfte davon durch Berckefeldfilter filtrirt. Einsaat: Staphylococcus.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6½ h
1. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm nichtfiltrirter Bouilloncultur	2 664	704	71 300
2. 1 ccm Serum u. 0,5 ccm nichtfiltrirter Bouilloncultur	2 534	2 172	384 500
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm filtrirter Bouilloncultur	2 912	164	87
4. 1 ccm Serum u. 0,5 ccm filtrirter Bouilloncultur	2 576	1 136	316 000
5. 1 ccm Serum u. 0,5 ccm steriler Bouillon	2 840	128	101

Tabelle XLII.

Kaninchenserum. Anordnung wie vorher. Die benutzten Bouillonculturen von Staphylococcus und Bac. typhi sind 14 Tage alt, bei 37° gehalten Einsaat: Staphylococcus.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
1. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm nicht filtr. Staphylococcenbouillon	1 120	784	1 328
2. 1 ccm Serum u. 0,3 ccm nicht filtr. Staphylococcenbouillon	984	2 416	62 040
3. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm filtr. Staphylococcenbouillon	1 254	22	51
4. 1 ccm Serum u. 0,3 ccm filtr. Staphylococcenbouillon	992	53	6 980

1) Siehe Anmerkung 1 auf Seite 295.

	Sofort	Nach 3 h	Nach 6 h
5. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm nicht filtr. Typhusbouillon	1 056	16	192
6. 1 ccm Serum u. 0,3 ccm nicht filtr. Typhusbouillon	1 040	320	188
7. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm filtr. Typhusbouillon	1 128	7	280
8. 1 ccm Serum u. 03, ccm filtr. Typhusbouillon	960	5	23
9. 1 ccm Serum u. 0,1 ccm steriler Bouillon	1 048	8	16
10. 1 ccm Serum u. 0,3 ccm steriler Bouillon	944	8	27

Im letzten Versuche tritt wiederum eine auffallend specifische Wirkung auf die Serumalexine zu Tage. Ueberdies wirken die coccenhaltigen sterilen Proben entschieden stärker als die keimfreien Filtrate. Bei Anwendung grösserer Mengen der erhitzten Bouilloncultureu begünstigen auch die filtrirten Zusätze das Bacterienwachsthum in hohem Grade, wobei aber darauf hingewiesen werden muss, dass jede ältere Bouilloncultur ausgelaugte Zellbestandtheile enthält. (Buchner.)

Es soll jedoch damit keineswegs geläugnet werden, dass nicht auch lösliche Stoffwechselproducte der Bacterien die Activität des Serumeiweisses direct beeinflussen könnten, wofür vielerlei Angaben sprechen. So hat auch das Schlangengift, dessen Aehnlichkeit mit den Bacterientoxinen es zum Gegenstand grosser Aufmerksamkeit gemacht hat, nach Ewing[1]) die Eigenschaft, die bactericide Fähigkeit des Blutes herabzumindern.

IX. Ergebnisse.

Durch die im Thatsächlichen übereinstimmenden Versuche von Nissen, Bastin und Denys und Kaisin ist festgestellt, dass die Einführung grosser Mengen von Bacterienzellen, lebender oder todter, in das Gefässsystem eines Thieres die bactericide Wirksamkeit des nachträglich entnommenen Blutes herabmindert oder vernichtet.

1) Ewing, The Cancet, 1894, S. 1237.

Im extravasculären Blute äussert sich dieselbe Erscheinung so, dass bei sehr grosser Einsaat eine Alexinwirkung nicht mehr auftritt, eine Thatsache, die seit jeher von allen Untersuchern übereinstimmend beobachtet wurde. Statt grosse Mengen lebender Bacterien anzuwenden, kann man dem Serum auch todte Zellleiber zusetzen, wodurch das gleiche Resultat erzielt wird, wie die Versuche von Bonaduce, Denys und Kaisin und die vorliegenden beweisen.

Ein directer Widerspruch zwischen den Arbeiten von Nissen einerseits und denen von Bastin und Denys und Kaisin andererseits liegt darin, dass ersterer das nach Bacterieninjection veränderte Blut nur für den gleichartigen Mikroorganismus unwirksam fand, was die letzteren nicht bestätigen könnten. Dieser Widerspruch klärt sich nach den erwähnten Untersuchungen leicht auf.

Für jeden der untersuchten Stämme von Bacterienarten gibt es eine gewisse Minimaldosis abgetödteter Zellleiber, welche erst hinreicht, um eine bestimmte Serumquantität unwirksam zu machen. Diese als »Grenzwerth« bezeichnete Dosis minima ist für die verschiedenen Arten und Stämme sehr verschieden gross, und zwar lässt sich nachweisen, dass dieser Grenzwerth umso niedriger liegt, je höher die Widerstandskraft der betreffenden Art gegenüber den Serumalexinen ist.

Versetzt man Serum mit, den Grenzwerthen verschiedener Arten entsprechenden Mengen todter Zellen und sät in dasselbe eine bestimmte, lebende Art ein, so vermag diese im allgemeinen nur in jenen Proben zu wachsen, welche die gleichnamigen todten Bacterienleiber enthalten. In diesem Sinne ist die Wirkung der abgetödteten Zellen eine specifische und erklärt die Angaben von Nissen.

Man kann nun die gegenseitige Beeinflussung von Alexinen und Bacterien in der Weise auffassen, dass beide, als actives Plasma, mit den ihnen zu Gebote stehenden Mitteln auf einander einwirken und zwar solange, bis die ersteren oder letzteren das Uebergewicht erlangen und damit völlige Keimvernichtung oder ungehindertes Wachsthum erfolgt.

Für die Bacterien kommen in diesem Kampfe gegen die Alexine zwei Momente in Betracht: 1. Die Menge, in welcher sie in das Serum gelangen; Beweis dafür ist das oft erwähnte Gesetz, dass zwischen dem Umfange der Keimvernichtung und der Grösse der Einsaat bestimmte Beziehungen bestehen. 2. Die specifische Constitution des Bacterienprotoplasmas; Beweis dafür ist die Thatsache, dass verschiedene Arten bei gleicher Einsaat in demselben Serum verschieden stark angegriffen werden.

Setzt man dem Serum gleichzeitig todte Zellleiber zu, so wirken auch diese, mit den gleichen Eigenschaften auf die Alexine ein, was sich durch die Formel $A = (s + m) + (\sigma + \mu)$ ausdrücken lässt.

Diese Formel besagt, dass die Activitäten des Zellprotoplasmas und des Serums sich so lange zu beeinflussen suchen, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht ist und stellt eine Function zweier variabler Grössen dar.

Von den zwei Factoren, welche rechts vom Gleichheitszeichen stehen, bezeichnet der eine, $s + m$, die Widerstandskraft der lebenden Bacillen, welche der bactericiden Werthigkeit, also dem Alexingehalt des Serums, umgekehrt proportional ist.

Der Factor $(\sigma + \mu)$, welcher den Einfluss der todten Zellen zum Ausdrucke bringt, verhält sich ähnlich.

In Versuchen, bei denen man die Einsaatmenge lebender Bacillen immer gleich gross nimmt, wird in $(s + m)$ der Factor m constant und kann vorläufig ausser Acht bleiben.

Einen je grösseren Antheil der Summe $s + (\sigma + \mu)$ dann der Theil s ausmachen kann, d. h. je grösser die Widerstandskraft der lebenden Bacillen ist, umso kleiner kann $(\sigma + \mu)$ werden. Umgekehrt kann man dadurch, dass man $(\sigma + \mu)$ vergrössert, einen etwaigen Mangel an s ersetzen, d. h. durch Vermehrung der Menge der zugesetzten Bacterienleiber, unter Berücksichtigung der specifischen Constitution ihres Protoplasmas, auch eine, sonst im Serum sehr labile Art zum Wachsthum bringen.

In diesem Sinne stellt sich die anscheinend qualitativ specifische Wirkung todter Bacterien als lediglich quantitativ heraus.

Dadurch, dass Bastin und Denys und Kaisin bei ihren Versuchen offenbar grössere Mengen todter oder lebender Bacterien anwendeten, erklären sich ihre, von denen Nissens abweichenden Resultate.

Bezüglich der Natur des Einflusses todter Bacterienzellen konnte eine enzymartige Wirkung, für die Manches zu sprechen schien, nicht nachgewiesen werden.

Der Umstand, dass nach Entfernung der todten Bacterienleiber durch Centrifugiren eine Erneuerung der bactericiden Effecte nicht wieder eintritt, und dass diese Ausschaltung der Alexine fast augenblicklich erfolgt, lässt darauf schliessen, dass eine Verbindung des activen Plasmas der Zellleiber mit den activen Eiweisskörpern des Serums, den Alexinen, stattfindet.

Es ist wahrscheinlich, dass diese Verbindung sich als sehr labil erweist, und dass bereits ein länger dauernder Aufenthalt bei 37° genügt, um die locker gebundenen Alexine wieder frei und wirksam zu machen.

Zur Biologie der Milzbrandbacillen.

Von

Dr. **Richard Weil,** Apotheker.

(Aus dem Institute für Hygiene und Bacteriologie an der Universität Strassburg i. E.)

Im Jahre 1876 wies Cohn[1]) zum ersten Mal bei Bacterien die Existenz von Dauerformen, der sogenannten Sporen, nach. Er beschreibt sie als ölige, stark lichtbrechende Gebilde, die die Fähigkeit besitzen, in frischen Nährlösungen zur vegetativen Wuchsform wieder auszukeimen. Weiter sprach er die Vermuthung aus, dass bei den Milzbrandbacillen ebenfalls solche Dauerformen zu erwarten seien.

Es verging nur kurze Zeit, bis Koch[2]) in seiner »Aetiologie der Milzbrandkrankheit«, begründet auf die Entwickelungsgeschichte des Bacillus Anthracis, die Vermuthung Cohn's bestätigte, indem er mikroskopisch die Sporen auffand.

Nach Koch vermehren sich die Milzbrandbacillen im Blute und in den Gewebesäften des lebenden Thieres durch Verlängerung der einzelnen Stäbchen und darauf erfolgende Quertheilung; jedoch findet man im lebenden Körper immer nur ganz kurze Fäden, die nur aus einigen wenigen Gliedern bestehen. Anders im Blute des todten Thieres oder in geeigneten sonstigen Nährflüssigkeiten; hier wachsen die Bacillen meist zu langen Fäden aus unter Bildung zahlreicher Sporen. Diese Sporenbildung soll aber nur bei Luftzutritt und innerhalb gewisser

1) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen, S. 263, 275, 279 bis 281.

2) Koch, Die Aetiologie der Milzbrandkrankheit, begründet auf die Entwickelungsgeschichte des Bacillus Anthracis. Ebenda.

Temperaturgrenzen vor sich gehen, Temperaturgrenzen, die sich zwischen 40 und 16° C. bewegen.

Zwischen 30 und 40° C. ist das Wachsthum und die neue Sporenbildung gewöhnlich schon nach 24 Stunden beendet. Bis zu 25° C. nimmt die hierzu erforderliche Zeit zu und steigt auf ungefähr 35 bis 40 Stunden. Unter 25° C. macht sich die Temperaturabnahme sehr schnell im negativen Sinne bemerklich. Bei 23° C. sind bis zur Sporenbildung schon 48 bis 50 Stunden, bei 21° C. 72 Stunden erforderlich; bei 18° zeigen sich die ersten Sporen nach ca. 5 Tagen, bei 16° nach 7 Tagen, und zwar wird die Sporenbildung immer spärlicher; unter 15° hört das Wachsthum und die Sporenbildung auf. Die schönsten und kräftigsten sporenhaltigen Culturen wurden zwischen 20 und 25° erhalten.

Alle diese Resultate gewann Koch durch directe Beobachtung unter dem Mikroskop. Im wesentlichen wurden die Untersuchungen Koch's von sämmtlichen Forschern, die sich mit der Frage der Sporenbildung bei den Anthraxbacillen beschäftigt haben, bestätigt. Von den Autoren werden als physiologische Bedingungen der Sporenbildung gewöhnlich angeführt:

1. ein geeigneter Nährboden;
2. ungehinderte Zufuhr von Sauerstoff;
3. eine Temperatur von 16 bis 40°.

Während nun Fränkel[1]), Behring[2]), Lehmann[3]) und Osborne[4]) durch ihre Untersuchungen zu der Meinung gekommen sind, dass das Auftreten der Sporen gerade dann vor sich gehe, wenn die Bacillen bei reichlicher Ernährung sich im Wachsthumsoptimum befinden, verursacht nach Buchner[5])

1) Fränkel, Grundriss der Bacterienkunde, 1891.

2) Behring, Beiträge zur Aetiologie des Milzbrandes, Zeitschr. für Hygiene, Bd. 6, S. 126 und Bd. 7, S. 171, 1889.

3) Lehmann, Ueber einige Bedingungen der Sporenbildung beim Milzbrand. Sitzungsbericht der phys. und med. Gesellschaft zu Würzburg, 1890.

4) Osborne, Die Sporenbildung des Milzbrandbacillus auf Nährböden von verschiedenem Gehalt an Nährstoffen. Arch. f. Hyg., Bd. 11, S. 54, 1890.

5) Buchner, Ueber die Ursache der Sporenbildung beim Milzbrandbacillus. Centralbl. f. Bact. und Paras., Bd. 8, S. 3, 1890.

gerade der Mangel an Nährmaterial das Zustandekommen der Dauerformen. Der Buchner'schen Auffassung nahe steht die Ansicht Schreiber's[1]), der auf Grund zahlreicher Versuche zu folgenden Resultaten kam:

1. Dauerndes, lebhaftes Wachsthum unter den günstigsten Bedingungen ruft niemals Sporenbildung hervor.
2. Ungenügende Ernährung und ungünstige äussere Bedingungen stellen die Sporenbildung sehr in Frage, beziehungsweise heben sie ganz auf.
3. Plötzliche Hemmung des Wachsthums nach vorausgegangener guter Ernährung veranlasst zu jeder Zeit sofort schnell und vollständig Sporenbildung.
4. Wahrscheinlich wird durch eine Ungleichheit in der Zusammensetzung des Nährbodens oder auch durch Erschöpfung desselben die endogene Sporenbildung veranlasst. Im Sinne Schreiber's müssen wir uns eine Ungleichheit der Zusammensetzung derart vorstellen, dass bei der Theilung der Bacillen in dem ursprünglich für das Wachsthum günstigen Nährboden Stoffe entstehen, die das Wachsthum der vegetativen Formen hemmen und dadurch die Veranlassung zum Auftreten der Dauerformen geben.

Als weitere Bedingung für das Zustandekommen der Sporen erwähnen die Forscher, wie oben schon berichtet, eine reichliche Zufuhr von Sauerstoff, während nach Buchner wohl der Sauerstoff das Wachsthum der vegetativen Formen begünstigt, aber keinen specifischen Einfluss auf die Sporenbildung ausübt.

Was ferner den dritten Punkt anlangt, bei welchen Temperaturen die Sporenbildung vor sich geht, so wurde diese Frage entweder nicht berücksichtigt, oder da, wo sie Berücksichtigung fand, sehr verschieden beantwortet. Während nach Koch bei 35° C., dem Temperaturoptimum, vom Milzbrandbacillus schon

1) Schreiber, Ueber die physiologischen Bedingungen der endogenen Sporenbildung bei Bacillus Anthracis, subtilis und tumescens. Centralbl. f. Bact. und Paras., Bd. 20, S. 431, 1896.

nach 20 Stunden Sporen gebildet werden, hält Baumgarten[1]) 30° für die günstigste Temperatur zur Sporenbildung, und über 34° bleibt nach ihm dieselbe sogar unter den günstigsten Bedingungen aus. Behring a. a. O. fand dagegen, dass in einer mit Pepton und Kochsalz versetzten, schwach alkalisch gemachten Bouillon noch bei 36° nach 16 stündigem Stehen im Brütschrank sehr reichliche Sporenbildung erfolgte. Buchner beobachtete, dass destillirtes Wasser und ein gewisser Gehalt an Kochsalz in der Nährlösung entschieden die Entwickelung der Sporen beschleunigt; bei einem Zusatze von 2% Kochsalz war die Vermehrung geringer, nach 24 Stunden aber die Sporenbildung vollendet.

Schreiber bestätigt bei einer Nachprüfung den Buchnerschen Befund und fügt hinzu, dass der Entwickelungsgang beim Milzbrandbacillus im destillirten Wasser um 18, in der 2proc. Kochsalzlösung um 20 Stunden abgekürzt werde; er veröffentlicht am Schlusse seiner Arbeit in einer Tabelle die Zeiten, in welchen bei ihm in einer Nährlösung von 1% Liebig's Fleischextract + 1% Pepton die Sporenbildung stattfand. Dieselbe erfolgte:

Bei	14°	nach	10 Tagen
»	15°	»	8 »
»	20°	»	96 Stunden
»	25°	»	84 »
»	30°	»	62 »
»	34°	»	48 »
»	37°	»	40 »
»	40°	»	36—40 »
»	42°	»	40 »

Aus vorstehenden Angaben können wir leicht ersehen, dass betreffs des Temperaturminimums der Sporenbildung, als welches Koch eine Temperatur von ungefähr 15° C. angibt, keine erheblichen Differenzen, in der Literatur existiren.

---

1) Baumgarten, Lehrbuch der pathologischen Mykologie, 1890.

Auch Kitasato[1]) fand, dass schon bei einer Temperatur von 13,5 bis 15,5° Sporen gebildet wurden; Schreiber beobachtete das Auftreten der Dauerformen bei 14° C.

Ebenso sind die Berichte über das Temperaturmaximum der Sporenbildung — 40 bis 42° C. — ziemlich gleichlautend.

In den Angaben über das Temperaturoptimum aber finden wir solch weitgehende Verschiedenheiten, dass die einen Autoren 30° C, die andern 35° als günstigste Temperaturen zur Bildung der Dauerformen angeben, während wieder andere behaupten, Wachsthums- und Sporenbildungsoptimum liegen bei 37°; einige Angaben hierüber werde ich später noch bringen.

Liegt es nun aber auch wirklich in der Natur eines Milzbrandstammes, bei 30° am schnellsten und üppigsten Sporen zu bilden, während dies beim andern erst bei 37° der Fall sein soll? Könnten da nicht äussere, noch zu ergründende Umstände in der Behandlung der Stämme ein und derselben Art der Grund der verschiedenartigen Forschungsergebnisse sein? Sollte man durch die Berücksichtigung aller Nebenumstände kein gesetzmässiges Verhalten der Sporulation dieses pathogenen Parasiten auffinden können?

Dass der Nährboden bei gleicher Temperatur, bei einem so anspruchslosen Pilze, der sogar in destillirtem Wasser Sporen erzeugt, der Grund des so verschiedenen Eintrittes der Bildung von Dauerformen sein könnte, ist a priori unwahrscheinlich, wenn schon bei sonst gleichen Bedingungen die Ernährung der vegetativen Formen auf ihr Wachsthum und die Gesammtenergie der Sporen einen gewissen Einfluss auszuüben scheint.

Der wirkliche Grund der so verschiedenen Resultate der Forschungen liegt vielleicht darin, dass den Untersuchern als Reagens für den Eintritt der Sporenbildung nur ihre Wahrnehmung an dem mikroskopischen Bilde zu Gebote stand.

Um zu beweisen, wie ausserordentlich schwierig es ist, mikroskopisch gerade den Moment wahrzunehmen, in dem die vege-

---

1) Kitasato, Untersuchungen über die Sporenbildung des Milzbrandbacillus in verschiedenen Bodentiefen. Zeitschr. f. Hyg., Bd. 8, S. 199, 1890.

tative Form in die Spore übergeht, lasse ich eine Beschreibung dieses Vorganges von de Bary[1]) folgen:

»Der Beginn der Sporenbildung in einer Zelle wird angezeigt dadurch, dass meist dicht an einer Endfläche in dem Protoplasma ein kleiner, rundlicher, stark lichtbrechender Körper auftritt. Er sieht, um das Wenige, was man erkennen kann, rein anschaulich zu beschreiben, zuerst aus, als ob eines der erwähnten stark lichtbrechenden Körnchen im Protoplasma etwas grösser geworden wäre. Besagter Körper nimmt zusehends an Volumen zu, während die ihn umgebende Protoplasmamasse successive schwindet. Nach wenigen Stunden ist er herangewachsen zu einem länglich-cylindrischen Körper, der sich durch sein späteres Verhalten als Spore erweist.«

Einer Anregung Herrn Professor Forster's leistete ich daher gerne Folge, nach einer andern Methode, die wir, im Gegensatz zur mikroskopischen Beobachtung, kurz die biologische Methode nennen wollen, der Frage des Beginns der Sporenbildung bei verschiedenen Temperaturen näher zu treten. Es sollten durch eine möglichst kurz dauernde Erhitzung auf eine erhöhte Temperatur die vegetativen Formen der Milzbrandbacillen abgetödtet werden; ist dies möglich, ohne die Dauerformen wesentlich zu beeinträchtigen, so ergibt sich von selbst eine Methode, die es gestattet, den Moment aufzufinden, in dem die vegetativen Formen die ersten vollendeten Sporen geliefert haben. Aehnliche Versuche führte schon Roux[2]) aus; er züchtete Milzbrandbacillen bei 42,5°, erhitzte dieselben 15 Minuten lang auf 65° zur Abtödtung der vegetativen Formen und suchte aus der Entwicklung oder dem Sterilbleiben der Röhrchen festzustellen, ob sich bei 42,5° noch Sporen gebildet hatten, oder ob asporogener Milzbrand entstanden war.

Dank dem Umstande, dass sich im geschlossenen Thierkörper niemals Sporen bilden, steht reichlich sporenloses Milzbrandmaterial stets zur Verfügung. Man ist daher im Stande,

1) De Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze.

2) Roux, Bactéridie charbonneuse asporogène. Ann de l'inst. Pasteur, t. 4, S. 25, 1890.

getrennt sporenfreies und sporenhaltiges Material einer schädigenden Behandlung, z. B. der Erhitzung, zu unterwerfen und die Temperaturhöhen zu bestimmen, bei welchen wohl die vegetativen Formen, nicht jedoch die Sporen vernichtet werden. Ist dies einmal geschehen, so ist es ein Leichtes, in irgend einem Material das Auftreten von Milzbrandsporen unter Ausschluss der vegetativen Formen nachzuweisen.

In ähnlicher Weise, wie dies durch van Geuns[1]) bezüglich verschiedener Bacterien und durch de Man[2]) bezüglich der Tuberkelbacillen in Professor Forster's Laboratorium gezeigt worden ist, hatte Professor Forster durch vielfache Versuche festgestellt, dass die Milzbrandbacillen der verschiedensten Stämme durch eine, 1 Minute dauernde Erhitzung auf 80° abgetödtet werden. Dieses Resultat habe ich bei einer Nachprüfung auch an dem von mir in Arbeit genommenen Anthrax-Stamme bestätigt. Wie bei den oben erwähnten Bacterien in den Versuchen von van Geuns und de Man, erfolgt übrigens auch bei den Milzbrandbacillen die Abtödtung um so weniger rasch, je niedriger die Abtödtungstemperatur ist, und umgekehrt. Dies zeigen die folgenden Versuche, in welchen ich unter Beobachtung der zu solchen Bestimmungen nöthigen, im hiesigen Institute üblichen Maassregeln den Abtödtungsgrenzen der Anthraxbacillen in Nährbouillon bei 79, 78, 75, 70 und 65° nachgegangen bin. Dass in der Nähe der Temperaturgrenzen für die Abtödtung in verschiedenen Versuchen nicht völlig gleichmässige Resultate erhalten wurden, braucht im Hinblick auf die bekannten Schwierigkeiten — s. unten — bei der Ausführung solcher Versuche nicht Wunder zu nehmen, und ist übrigens ein Anzeichen dafür, dass diese Grenzen für verschiedene Bacterien verhältnismässig scharf festzustellen sind.

Die Ergebnisse der Versuche sind in der Tabelle I übersichtlich zusammengestellt.

---

1) Van Geuns, Ueber das »Pasteurisiren« von Bacterien, ein Beitrag zur Biologie der Mikroorganismen. Arch. f. Hyg., Bd. 9, S. 369, 1889.

2) De Man, Ueber die Einwirkung von hohen Temperaturen auf Tuberkelbacillen. Arch. f. Hyg., Bd. 18, S. 165, 1893.

Digitized by Google

Tabelle I.

Temperatur	Dauer der Einwirkung	Erfolgte darauf noch eine Entwickelung?	Resultat: die Bacillen waren stets abgetödtet:
80° C.	30 Secunden	+[1]	
	40 »	+	
	45 »	+	
	50 »	+ 0	
	60 »	stets 0	bei 80° nach einer Minute.
79° C.	50 Secunden	+	
	60 »	+	
	70 »	+	
	80 »	+ 0	
	90 »	stets 0	bei 79° nach $1^1/_2$ Minuten
78° C.	70 Secunden	+	
	80 »	+	
	90 »	+	
	100 »	+ 0	
	110 »	+ 0	
	120 »	stets 0	bei 78° nach 2 Minuten.
75° C.	$1^1/_2$ Minuten	+	
	2 »	+	
	$2^1/_2$ »	+ 0	
	3 »	stets 0	
	$3^1/_2$ »	stets 0	bei 75° nach 3 Minuten.
70° C.	$2^1/_2$ Minuten	+	
	3 »	+	
	$3^1/_2$ »	+ 0	
	4 »	stets 0	bei 70° nach 4 Minuten.
65° C.	$3^1/_2$ Minuten	+	
	4 »	+	
	$4^1/_2$ »	+	
	5 »	+ 0	
	$5^1/_2$ »	stets 0	bei 65° nach $5^1/_2$ Minuten.

1) + bedeutet: es erfolgte nach einer Erhitzung, die Secunden oder Minuten dauerte, bei den verschiedenen Temperaturen in den Bouillonröhrchen der normale Entwicklungsgang der Bacillen, nämlich Wachsthum, Sporenbildung und Auskeimung der letzteren.

0 bedeutet: die Milzbrandbouillon blieb nach der Erhitzung steril.

+ 0 bedeutet: bei den Abkömmlingen der Bacillen ein und desselben Stammes erfolgte an den Abtödtungsgrenzen das eine Mal eine Entwickelung, während sich andere Male die Bouillonröhrchen nach der gleichen Erhitzung als steril erwiesen.

Dass wirklich eine Abtödtung und keine Entwicklungshemmung vorlag, wies ich dadurch nach, dass die Original-Bouillonröhrchen, die ich bis zu 14 Tagen bei 37° hielt, und Gelatinestiche hieraus, die öfters wiederholt wurden, nach wochenlangem Stehen im Thermostaten von 26° steril blieben, und Mäuse, welchen gegen das Ende der Beobachtung je 1 ccm der betreffenden Milzbrandbouillon injicirt wurde, keine Spur von Erkrankung zeigten.

Ich kann mir das Resultat Bormanns[1]), dass die vegetative Form der Milzbrandbacillen zuweilen eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen Hitze besässe und in manchen Fällen länger als eine Stunde 80° zu ertragen vermöge, nur dadurch erklären, dass die Erwärmung seiner Culturflüssigkeiten nicht richtig geleitet wurde, oder dass er Material verwendete, in welchem bereits Dauerformen enthalten waren.

Mit welcher Vorsicht man übrigens bei derartigen Erhitzungsversuchen zu Werke gehen muss, um sicher zu sein, dass die Bacterien auch wirklich die gewünschte Zeit unter dem Einflusse eines bestimmten Wärmegrades gestanden sind, darauf macht Prof. Forster[2]) in einem Nachtrag zur van Geuns'schen Arbeit aufmerksam. Entsprechend den bei diesen und den de Man'schen Versuchen gemachten Erfahrungen führte ich die Abtödtungsversuche, die nur kurze Zeit in Anspruch nahmen, also bei 78, 79 und 80° in sterilisirten, zu Pipetten ausgezogenen Glasröhrchen aus, deren unterer abgeschnürter Theil mit sporenloser Milzbrandbouillon gefüllt und hierauf am Bunsenbrenner zugeschmolzen wurde. Diesen Theil der Röhrchen brachte ich in heisses Wasser, das vermittelst Thermoregulators auf die gewünschte Temperatur eingestellt war. Wir hielten stets darauf, dass der Erwärmungsapparat grosse Wassermengen enthielt und bereits eine Stunde vorher die nöthige Temperatur, unter beständigem Rühren des Wassers, durch ein öfters controlirtes Thermometer angezeigt

1) Bormanns, Azione del siero di sangue di certi animali sulla sporificazione del bacillo carbonchioso (Atti della Direzione di Sanità pubblica, Roma).

2) Siehe v. Geuns, a. a. O.

wurde. Unmittelbar nach der Herausnahme wurden die Pipetten im laufenden Wasser gekühlt, unter aseptischen Cautelen die Glasspitze abgebrochen und der Inhalt in Bouillonröhrchen bei 37° zur Entwickelung hingestellt. Die länger dauernden Versuche wurden direct in Reagenzgläsern in obiger Weise ausgeführt; dabei ist es jedoch geboten, um Abkühlungen im Thermostaten im Zusammenhang mit den grösseren Flüssigkeitsmengen der Culturröhrchen möglichst zu vermeiden und um die Anwärmung zu beschleunigen, die Röhrchen durch 10 Secunden langes Hin- und Herbewegen in warmem Wasser ungefähr auf die gewünschte Temperatur zu bringen. Dass bei dieser Procedur sowie beim Impfen ein Haftenbleiben der Bacillen oberhalb der Flüssigkeitssäule sorgfältig vermieden wurde, braucht wohl, in Erinnerung an die Erfahrungen von van Geuns, nur eben erwähnt zu werden.

Werden nun aber auch die Sporen durch die Erhitzung auf 80° in ihrer Resistenzfähigkeit nicht geschädigt?

Der mir zur Verfügung gestellte Sporenstamm, den ich der Kürze halber mit MI bezeichne, rührte von Bacillen her, die Herr Dr. Bruns, Assistent am Institute, aus frischem Thiermaterial gewonnen hatte. Nach 14tägigem Wachsthum auf Kartoffelscheiben bei 37° zeigte ein hiervon angefertigtes mikroskopisches Präparat, dass die Sporen schon grösstentheils frei waren; nur einzelne lagen noch in perlschnurartigen Reihen; ebenso waren noch kürzere Ketten vegetativer Formen aufzufinden. Dieser Kartoffelbelag sollte mir vorerst als Ausgangsmaterial für alle Thierimpfungen und Erhitzungsversuche dienen. Es war mir vor allem darum zu thun, zunächst die Eigenschaften dieser Sporen in Bezug auf ihre Virulenz und Resistenz genau zu bestimmen, da Migula[1]) und andere Forscher angeben, dass sich die einzelnen Milzbrandrassen völlig verschieden verhalten, und dass auch die Sporenbildung zu ganz verschiedenen Zeiten eintrete.

Die Virulenz meiner Cultur war normal; sie tödtete Meerschweinchen innerhalb 36, Mäuse innerhalb 24 Stunden. Zur

1) Migula, System der Bacterien, 1897, S. 173.

Bestimmung der Resistenz verfuhr ich folgendermaassen: von dem weissen Kartoffelbelag schabte ich einen kleinen Theil mit sterilem Platinspatel ab, rieb ihn gleichmässig im sterilisirten Mörser mit Wasser an und brachte eine geaichte Platinspirale von 40 mg dieser Aufschwemmung in je ein Röhrchen Löffler-scher Bouillon. Die Röhrchen wurden 10 Secunden angewärmt, in Wasser von 100° gebracht, nach der Erhitzung gekühlt und bei 37° zur Auskeimung hingestellt.

Dabei kam ich zu folgenden Werthen:

Tabelle II.

Temperatur 100°		
Dauer der Erhitzung	Keimten die Sporen aus?	Gelatine-controlstiche
1 Minute	+	+
2 Minuten	+	+
3 »	+	+
4 »	+	+
5 »	+	+
6 »	+	+
7 »	+	+
7½ »	0	0
8 »	0	0
9 »	0	0

Obige, mit Sporenaufschwemmung geimpfte Bouillonröhrchen sahen nach der, 1 bis 9 Minuten langen Erhitzung auf 100° trübe aus; die Trübung konnte von lebendem, wie auch durch die Erhitzung abgetödtetem Sporenmaterial herrühren; indem ich nun aus den neun Röhrchen wiederholt in Gelatine über-impfte, konnte ich mich leicht überzeugen, ob die Trübung in den Originalröhrchen von lebendem oder todtem Sporenmaterial verursacht war; Gelatinecontrolstiche aus den Röhrchen, die nur 1 bis 7 Minuten auf 100° erhitzt waren, zeigten das typische, tannenbaumähnliche Wachsthum, herrührend von un-geschädigten Sporen; Gelatinecontrolstiche aus den Original-röhrchen, die 7½ bis 9 Minuten auf 100° erhitzt waren, blieben steril, sowie sich auch die Trübung der diesbezüglichen Original-

Digitized by Google

röhrchen bei Brutwärme nicht vermehrte, ein Beweis dafür, dass die Sporen durch die Erhitzung abgetödtet waren.

Die Sporen ertrugen mithin über 7 Minuten lang das Kochen, waren also von erheblicher Resistenz. Schon aus diesen Resultaten geht hervor, dass an eine wesentliche Schädigung der Widerstandsfähigkeit bei diesen Sporen durch die nur kurze Erhitzung auf 80° nicht zu denken ist. Immerhin aber war es meine Pflicht, zu beweisen, das dem nicht so ist.

Drei geaichte Platinspiralen der Emulsion übertrug ich zu diesem Zwecke in 30 ccm Bouillon; ich war bestrebt, durch vielfach wiederholtes Schütteln die Sporen fein zu vertheilen, um nach der Abmessung von 5 ccm mittels einer sterilen Pipette in je sechs Reagenzgläser (= $R_1 - R_6$) ungefähr die gleiche Anzahl Sporen zu bringen.

Von R_1 wurde direct durch Uebertragung von einer Oese zu 1,6 mg in Agar eine Zählplatte angefertigt.

R_2 wurde 1 Minute auf 80° erhitzt,
R_3 6 Minuten,
R_4 10 Minuten,
R_5 12 Minuten,
R_6 16 Minuten;

mit 1,6 mg wurden sodann Platten gemacht, und nach zwei und fünf Tagen die bei Brutwärme aufgegangenen Colonien gezählt und die letzteren in Anrechnung gebracht. Es wuchsen:

auf Platte R_1: 384 Colonien,
» » R_2: 320 »
» » R_3: 196 »
» » R_4: 220 »
» » R_5: 208 »
» » R_6: 128 »

Die Versuche, mehrere Male wiederholt, ergaben entsprechende Werthe. Als ich die Zeit der Erhitzung auf 25, 30 und 40 Minuten ausdehnte, kam ich zu den unten angegebenen Ziffern, während auf der, mit 1 Minute erwärmten Material angefertigten Platte 526 Colonien gewachsen waren.

Auf Platte A (Impfmaterial 25 Minuten auf 80° erhitzt) entstanden 40 Colonien,
auf Platte B (Impfmaterial 30 Minuten auf 80° erhitzt) entstanden 53 Colonien,
auf Platte C (Impfmaterial 40 Minuten auf 80° erhitzt) entstanden 16 Colonien.

Wenn infolge der — in Wirklichkeit zum zweiten Male ausgeführten — 1 Minute langen Erhitzung auf 80° auf Platte R_2 64 Colonien weniger aufgingen, so kann man annehmen, dass einige mehr oder minder schwache Dauerformen der Wärme zum Opfer gefallen sind; eine wesentliche Schädigung der Sporen aber durch die kurze Erhitzung von 1 Minute auf 80° findet offenbar nicht statt.

Die Möglichkeit, stets genau dieselbe Menge Bacterienaufschwemmung zu übertragen, war mir durch die Anwendung geaichter Häckchen und Spiralen von Platin ermöglicht, welche Prof. Forster im hiesigen Institute als Messinstrumente eingeführt hat.

Ausgerüstet mit der Kenntnis der beiden Thatsachen, dass die vegetativen Formen des Bacillus Anthracis nach einer, 1 Minute andauernden Erhitzung auf 80° abgetödtet werden, und dass dabei die Sporen keine wesentliche Schädigung erleiden, konnte ich jetzt an die Frage herantreten, nach welcher Zeit aus den vegetativen Formen sich Sporen entwickeln. In Bouillonröhrchen, die mit vegetativem, sporogenem Milzbrandmaterial geimpft sind, müssen in geeigneter Temperatur innerhalb eines gewissen Zeitraums Dauerformen auftreten. Erhitze ich nun beispielsweise derartige Röhrchen nach 20stündigem Verweilen im Thermostaten von 37° eine Minute auf 80°, so wissen wir aus unseren Vorversuchen, dass allenfalls noch vorhandene vegetative Formen abgetödtet werden; kühle ich sofort diese Röhrchen und bringe sie von Neuem in den Thermostaten, so kann eine nun etwa eintretende Entwickelung nur von ausgekeimten Sporen herrühren, die innerhalb der oben angegebenen 20 Stunden bei 37° entstanden waren.

Falls nun hierbei noch der Beweis geführt werden kann, dass die Sporen in dem Nährmaterial auszukeimen vermögen, in dem sie vorher gebildet wurden, so steht uns eine objective Methode zur Verfügung, um den Zeitpunkt zu bestimmen, an dem die ersten fertigen Sporen aufgetreten waren, eine Methode, die zweifellos den Vorzug vor der mikroskopischen Beobachtung verdient.

Nach Koch und Cohn beginnt jedoch die Auskeimung der Sporen erst dann, wenn letztere in neue Bouillon übertragen werden.

Migula[1]) sagt hierüber: »Diese Eigenschaft der Sporen, nur auf frischen Nährböden zu keimen, ist eine ganz allgemeine und leichtverständliche, wenn man daran denkt, dass die Sporen sich ja eben erst bilden, wenn der Nährboden eine für die vegetative Vermehrung ungeeignete Beschaffenheit angenommen hat. Im allgemeinen wird aber ein neuer, weder erschöpfter noch von den Stoffwechselproducten derselben Art übersättigter Nährboden dazu gehören, um die Keimung der Bacteriensporen herbeizuführen.«

Für meine Bouillonversuche war es also nöthig, zu entscheiden, ob in den Nährböden, in welchen bis zur Sporenbildung immerhin eine Vermehrung der vegetativen Formen stattgefunden hat, also in relativ wenig veränderten Nährmedien, die Auskeimung erfolgt. Durch folgende Versuche glaube ich die Frage in entsprechender Weise gelöst zu haben.

Vier Kölbchen (K I—IV) mit je 50 ccm Löffler'scher Bouillon (K I—IV) wurden mit je zwei Oesen Milzsaft eines an typischem Milzbrand gefallenen Meerschweinchens geimpft und 4 Tage bei 37° gehalten. Nach der Herausnahme aus dem Brutschrank war in den Kölbchen starke Entwickelung eingetreten. Das mikroskopische Bild zeigte Sporen in reichlicher Menge, sowie kürzere und längere Ketten vegetativer Formen; den Inhalt von 3 Kölbchen liess ich vollständig durch ein Chamberland-Filter in sterile Culturgefässe filtriren, in Kölbchen 4 liess ich einige

1) a. a. O.

Cubikcentimeter der Milzbrandbouillon zur späteren Impfung zurück; letztere erhitzte ich behufs Abtödtung der vegetativen Formen in einem Reagenzglase 2 Minuten lang auf 80°.

K I wurde dann ungeimpft bei 37° gehalten; nach 10 Tagen war dessen Inhalt noch steril; ein Gelatinestich nach dieser Zeit mit dem Inhalt von K I angefertigt zeigte keinerlei Reaction; eine Maus, mit 1 ccm geimpft, bleibt am Leben.

K II, III und der Theil der Bouillon von K IV, der durch das Chamberland-Filter filtrirt war, mit je 2 Oesen der erhitzten Originalsporenbouillon versetzt, zeigten schon nach 24stündigem Verweilen bei 37° eine sehr starke Entwickelung bei makroskopischer Betrachtung, und mikroskopisch waren in allen Gesichtsfeldern lange Ketten vegetativer Formen aufzufinden. Es kann somit kein Zweifel mehr bestehen, dass frischgebildete Sporen in ihren Entstehungsflüssigkeiten vegetative Wuchsformen zu bilden vermögen. Erst in älteren Culturen keimen die Sporen nicht mehr aus; 4 Kölbchen, mit denen nach 18tägigem Verweilen bei 37° die gleichen Versuche angestellt wurden, blieben steril; eine Oese aus einem Kölbchen in frische Bouillon gebracht, gab darin reichliche Auskeimung, ebenso trat in einem Gelatinestich die charakteristische Tannenbaumform auf. Die Versuche stehen vollständig im Einklang mit den Koch- und Cohn'schen Ansichten, soweit es sich um ältere Culturen handelt; für jüngere Culturen bleibt jedoch zu Recht bestehen, dass die Sporen in der gleichen Bouillon, in der sie gewachsen sind, auszukeimen vermögen.

Nachdem so den Vorbedingungen und den sich ergebenden Einwänden genügt war, können wir zur Hauptaufgabe übergehen. Es ist zu erwarten, dass wenn die Bedingungen zur Sporenbildung überhaupt am günstigsten sind, auch am raschesten die Dauerformen auftreten. Nun sind aber, wie ich mich auf Grund der Literaturangaben überzeugen konnte und wie bereits erwähnt, die Autoren über das Optimum der Sporenbildung sehr getheilter Ansicht. Günther[1]) gibt an, dass nach seinen

1) Günther, Bacteriologie, 1895, S. 230.

Digitized by Google

Erfahrungen die Sporenbildung bei einer Temperatur von 28° am schnellsten vor sich gehe; nach Baumgarten, a. a. O., ist die hierzu geeignetste Temperatur 30° C., nach Migula 31° und nach Koch 35°. Nur Behring und Kruse[1]) geben übereinstimmend für das Optimum der Production von Anthraxsporen Temperaturen von etwa 37° C. an, bei welchem Wärmegrade ich auch meine Versuche begann.

Es ist selbstverständlich, dass ich bemüht war, Nährmaterial von derselben Beschaffenheit für sämmtliche Versuche, sowie Impfmaterial von constantem Verhalten in Anwendung zu bringen. Ersteres war leicht zu verschaffen, indem ich 10 l Bouillon nach der Löffler'schen Methode anfertigte und ihr denselben schwachen Alkalescenzgrad gab. Letzteres glaubten wir dadurch zu erreichen, dass wir kleine, sterile, aus »Jägerwolle« geschnittene Würfelchen von annähernd derselben Grösse gleichmässig mit dem Milz- und Lebersafte eines gerade an Milzbrand gefallenen Meerschweinchens in einer sterilen Petri-Schale durchtränkten; die so behandelten Wollläppchen wurden eine Stunde bei 37° gehalten und dann unter dem Recipienten der Luftpumpe völlig getrocknet. Es gelingt durch diese Antrocknungsmethode, sporenfreies Milzbrandmaterial sich herzustellen und ausserdem jedes Läppchen ungefähr mit derselben Anzahl Bacillen zu beschicken.

Sechs Bouillonröhrchen, in die je zwei dieser Läppchen gebracht worden waren, blieben nach 2 Minuten langer Erhitzung auf 80° im Thermostaten von 37° steril; ausserdem überzeugte ich mich durch Ueberimpfung dieser Milzbrandbouillon auf Mäuse, dass nur abgetödtete vegetative Formen und keine Sporen vorlagen. Um nachzuweisen, dass man auf die Jägerwoll-Würfelchen annähernd dieselbe Bacterienmenge bringen kann, versetzte ich sechs Röhrchen von je 5 ccm sterilisirtem Wasser mit je einem Läppchen, löste die Bacillen durch Drücken mit dem Platindrahte und Hin- und Herbewegen von der Wolle los und übertrug aus je einem Röhrchen zwei Oesen von 1,6 mg der Bacillen-

1) Flügge, Mikroorganismen, Bd. 2, S. 222, 1896.

aufschwemmung in geschmolzenes Agar. Auf den sechs damit angefertigten Platten waren nach 3tägigem Verweilen bei 37° kaum nennenswerthe Differenzen in der Anzahl der gewachsenen Colonien eingetreten.

Platte	I	enthielt	872	Colonien
»	II	»	790	»
»	III	»	836	»
»	IV	»	914	»
»	V	»	861	»
»	VI	»	840	»

So praktisch und zweckmässig das Arbeiten mit diesen an getrockneten Bacillen für meine Versuche auch gewesen wäre, indem ich damit Bouillonröhrchen zu einer beliebigen Zeit — ohne erst den Tod eines Thieres abwarten zu müssen — impfen und ausserdem alle Versuche bei hohen und niederen Temperaturen mit den gleichen Milzbrandbacterien anstellen konnte, so sollte ich mich doch bald im Laufe der Arbeit überzeugen, dass die angetrockneten Bacillen schon nach 3 Wochen abgeschwächt waren; die Sporenbildung trat nach dieser Zeit später ein als im Anfang oder unterblieb vollständig; ebenso war der Viurlenzgrad herabgesetzt. Nach $3\frac{1}{2}$ monatlicher Antrocknung waren die Bacillen zwar noch am Leben; sie entwickelten sich in Bouillon bei Brutwärme aber erst nach 5 Tagen zu einer sichtbaren Cultur; Mäuse, welchen zwei derartige Läppchen unter die Haut gebracht wurden, starben nach 3 resp. 5 Tagen, während die frisch angetrockneten Bacillen die Mäuse regelmässig innerhalb 24 Stunden getödtet hatten.

Sechs Bouillonröhrchen, mit je zwei frisch angetrockneten Jägerwoll-Läppchen beschickt, verbrachte ich in den Thermostaten von 37°, sechs weitere in den von 24°. Nach den, in der nun folgenden Tabelle III angegebenen Zeiten wurden die Röhrchen dem Thermostaten entnommen und dann mit Hilfe der biologischen Erhitzungsmethode geprüft, ob und nach welcher Zeit in ihnen Sporen gebildet worden waren.

Tabelle III.

Zustand der angetrockneten Bacillen:	Temperatur	Verweilen im Brutschranke	Resultat	Controlgelatinestich
Frisch angetrocknet .	37°	5 Stunden	0	0
		10 »	0	0
		15 »	0	0
		20 »	+	+
		25 »	+	+
		30 »	+	+
Frisch angetrocknet .	24°	25 Stunden	0	0
		30 »	0	0
		35 »	0	0
		40 »	+	+
		45 »	+	+
10 Tage angetrocknet .	37°	16 Stunden	0	0
		18 »	+	+
		20 »	+	+
10 Tage angetrocknet .	24°	35 Stunden	0	0
		36 »	+	+
		37 »	+	+
		38 »	+	+
		39 »	+	+

Aus diesen wenigen Versuchen geht schon hervor, dass die Sporenbildung bei 37° in Bouillon früher erfolgt, als man nach der mikroskopischen Beobachtung bisher annahm, ferner, dass bei 24° nach 36 Stunden bereits Dauerformen entstanden sind. So oft ich diese Versuche mit frisch angetrockneten Läppchen auch wiederholte, bekam ich stets das gleiche Resultat, nämlich bei 37° waren nach längstens 18, bei 24° nach etwa 36 Stunden in allen Röhrchen Sporen gebildet worden. Die gleichen Ergebnisse hatte Prof. Forster vorher schon in einigen Vorversuchen erhalten.

Anders aber, falls ich die Versuche mit Bacillen anstellte, die beinahe 4 Wochen an Wolle angetrocknet waren. Diese zeigten folgendes Verhalten:

Tabelle IV.[1])

1. Bei 37° gehalten:			2. Bei 24° gehalten:		
Verweilen im Brutschranke	Resultat	Controlgelatinestich	Verweilen im Brutschranke	Resultat	Controlgelatinestich
16 Stunden	+	+	35 Stunden	0	0
17 »	0	0	36 »	0	0
18 »	+	+	37 »	+	+
19 »	+	+	38 »	0	0
20 »	0	0	39 »	0	0
			40 »	+	+

Die Wiederholung der Versuche ergab ebenso unregelmässige Resultate wie die erste Versuchsreihe.

Das Auftreten der Sporen nach einer gewissen Zeit, während in anderen Röhrchen trotz etwas längeren Verweilens in dem betreffenden Thermostaten keine Dauerformen gebildet wurden, ist vielleicht dadurch zu erklären, dass von den durch die Antrocknung geschwächten Bacillen nur noch die widerstandsfähigsten zu fructificiren im Stande waren.

Um nun stets gleichmässig behandeltes und möglichst ungeschädigtes vegetatives Milzbrandmaterial in Anwendung zu bringen, blieb mir nichts anderes übrig, als die Impfungen der Bouillonröhrchen jedesmal direct aus dem Thierkörper vorzunehmen. Ich impfte daher für die Versuche jedesmal vorher ein Meerschweinchen mit Milzbrandbacillen, und brachte nach dessen Tode einige Oesen Milz- und Lebersaft in Bouillonröhrchen, bewahrte dieselben bei Brutwärme und benutzte dieses Bacillen- und Sporengemisch zur Impfung des nächsten Thieres. Hierbei machte ich bald die wohl schon anderwärts bekannte Wahrnehmung, dass die Art des Impfens von Bedeutung für das Impfergebnis, aber auch für das Resultat meiner Versuche ist.

Ein Meerschweinchen, dem ich am 5. VII. 98 etwas viel, nämlich 1 ccm Sporenbouillon und noch dazu intraperitoneal

1) Um noch einmal darauf aufmerksam zu machen, in der Tabelle bedeutet: + Auskeimung der Sporen nach vorausgegangener, 2 Minuten langer Erhitzung auf 80°, wobei das vegetative Material abgetödtet wurde — also indirect Sporenbildung.

eingeimpft hatte, war nach Verlauf von 16 Stunden bereits todt. In der Milz, Leber und im peritonitischen Exsudate zeigten sich Milzbrandbacillen in grosser Menge. Ich beschickte Bouillonröhrchen mit je zwei Oesen Milzbrandblut, brachte sie in die Thermostaten von 37 und 24° und erhitzte dieselben nach relativ kurzem Verweilen bei den angegebenen Temperaturen in gewohnter Weise auf 80°. Zu meinem Erstaunen bekam ich folgende Resultate:

Tabelle V.

1. Bei 37° gehalten:			2. Bei 24° gehalten:		
Verweilen im Brutschranke	Resultat	Controlgelatinestich	Verweilen im Brutschranke	Resultat	Controlgelatinestich
3 Stunden	+	+	24 Stunden	+	+
6 »	+	+	27 »	+	+
9 »	+	+	30 »	+	+
12 »	+	+	33 »	+	+
15 »	+	+	36 »	+	+
18 »	+	+	39 »	+	+

Es kann kein Zweifel bestehen, dass in diesem Versuche das Thier gestorben war, bevor alle in dessen Körper eingeführten Sporen durch Auskeimung vegetative Formen gebildet hatten. Die dann aus dem Thierkörper in die Röhrchen übertragenen Sporen wurden durch die 2 Minuten lange Erhitzung auf 80° nicht geschädigt, keimten aus und täuschten ein positives Resultat vor. Um derartige Versuchsfehler auszuschliessen, verfuhr ich von jetzt ab auf Anrathen von Prof. Forster so, dass ich die Thiere nur mit zwei Oesen Milzbrandbouillon in eine in der Bauchgegend unter sterilen Cautelen hergestellte Hauttasche impfte; es trat dann thatsächlich der Tod der Meerschweinchen regelmässig nach etwa 36, der Mäuse nach etwa 24 Stunden ein. Wir können leicht aus Obigem ersehen, dass anscheinend geringfügige Aenderungen in den Versuchsbedingungen einen wesentlichen Einfluss auf die Resultate auszuüben vermögen.

Alle die Erfahrungen berücksichtigend, die ich im Laufe der Arbeit gemacht habe, stellte ich nun eine ganze Reihe Versuche an über den Eintritt der Sporenbildung bei 37, 35, 31, 24, 18 und 12° und zwar in Bouillon von constanter

Digitized by Google

Beschaffenheit. Es würde zu weit führen, alle Serien zu veröffentlichen; ich begnüge mich, diejenigen mitzutheilen, bei denen die Zeit für das Zustandekommen der Sporen sofort ersichtlich ist.

Tabelle VI.

Versuchsbeginn	Temperatur	Verweilen im Brutschranke	Resultat	Controlgelatinestich	Bemerkungen
29. VII.	37°	12 Stunden	0	0	
		14 »	0	0	
		16 »	+	+	
		18 »	+	+	
		20 »	+	+	
5. VIII.	37°	14 Stunden	0	0	
		15 »	+	+	
		16 »	+	+	
		17 »	+	+	
18. VIII.	37°	14 Stunden	0	0	Die Sporenbildung erfolgte bei 37° regelmässig nach 15—16 Stunden.
		15 »	+	+	
		16 »	+	+	
		17 »	+	+	
29. VII.	35°	12 Stunden	0	0	
		14 »	+	+	
		16 »	+	+	
		18 »	+	+	
		20 »	+	+	
5. VIII.	35°	13 Stunden	0	0	
		14 »	0	0	
		15 »	0	0	
		16 »	+	+	
		17 »	+	+	
		18 »	+	+	
18. VIII.	35°	13 Stunden	0	0	Die Sporenbildung erfolgte bei 35° frühestens n. 14 St., spätestens n. 16 St.
		15 »	+	+	
		18 »	+	+	
29. VII.	31°	12 Stunden	0	0	
		14 »	0	0	
		16 »	+	+	
		18 »	+	+	
		20 »	+	+	
5. VIII.	31°	12 Stunden	0	0	
		14 »	+	+	
		16 »	+	+	
		18 »	+	+	

Versuchs-beginn	Tempe-ratur	Verweilen im Brutschranke	Resul-tat	Control-gelatine-stich	Bemerkungen
18. VIII.	31°	14 Stunden	0	0	Die Sporenbildung erfolgte bei 31° nach 15—16 Std.
		15 »	+	+	
		16 »	+	+	
		18 »	+	+	

Ich bemerke hiezu noch, dass ich bei keiner der vielen Versuchsreihen grössere Abweichungen in den Stundenzahlen erhalten habe, als die, welche in der Tabelle angegeben sind.

Aus der Tabelle VI ist zu ersehen, dass bei 37, 35 und 31° die Sporenbildung nahezu gleichzeitig und zwar nach etwa 16 Stunden erfolgt.

Für manche Fälle dürfte es nicht unwichtig sein, — ich erinnere z. B. nur an die vielfachen Sonnenversuche mit Milzbrandsporen — das Temperaturoptimum der Sporenbildung zu kennen.

Dass das Temperaturoptimum für das Wachsthum der Bacillen 37° C. ist, davon konnte ich mich im Laufe der Arbeit genügend überzeugen. In geimpfter Bouillon, die bei 37° gehalten wurde, stieg nach $4\frac{1}{2}$ Stunden ein makroskopisch deutlich sichtbarer Schleier vom Boden der Röhrchen auf, sobald ich dieselben etwas bewegte. Ein derartiger Schleier trat bei den Röhrchen, die im Thermostaten von 35° standen, nach 6 Stunden und bei 31° erst nach 10 Stunden auf. Die Frage, ob das Optimum der Sporenbildung bei 37, 35 oder 31° liegt, hätte ich nur dadurch lösen können, dass ich von 14 bis 16 Stunden Minutenversuche eingeschaltet hätte, was jedoch mehr Mühe verursacht haben würde, als der praktischen Bedeutung dieser Frage vorläufig entspricht. Ich beschränke mich auf die Mittheilung von Versuchen, in welchen ich der Frage nachgegangen bin, ob bei 37, 31, 24 oder 18° die resistenzfähigsten Sporen gebildet werden. Ich muss hier etwas vorgreifen und jetzt schon mittheilen, dass die Sporenbildung in Bouillon bei 24° nach etwa 36, bei 18° nach etwa 50 Stunden erfolgt.

Röhrchen von, mit frischem Milzbrandmaterial geimpfter Bouillon brachte ich in die Thermostaten, die auf 37, 31, 24

und 18° eingestellt waren. Die Röhrchen von 37 und 31° entnahm ich nach dreimal 16 Stunden den Thermostaten und vertheilte deren Inhalt in je fünf sterile Bouillonröhrchen. Ich suchte nun durch Erhitzung auf eine nicht zu hohe Temperatur festzustellen, welche von den, bei verschiedenen Temperaturen gebildeten Dauerformen am längsten eine bestimmte Temperaturhöhe auszuhalten und nach erfolgter Abkühlung bei 37° noch auszukeimen vermögen. Hierzu wählte ich 90° C., da bei 100°, wie ich mich überzeugen musste, die Grenzen für die, bei 37 und 31° gebildeten Dauerformen so nahe an einander fallen, dass es sich hierbei nicht entscheiden lässt, welche von den beiden die grösste Widerstandsfähigkeit besitzen.

Da ich entsprechende und keine willkürlichen Werthe mit einander vergleichen musste, überzeugte ich mich, in der schon häufig erwähnten Weise, dass in den Versuchsröhrchen

bei 37° nach 16 Stunden	bei 24° » 36 »
» 31° » 16 »	» 18° » 50 »

Sporen gebildet waren. Bei dem Proberöhrchen (37° C.), das nach 16 Stunden 2 Minuten auf 80° erhitzt war, konnte ich erst nach weiteren 2 mal 16 Stunden durch die Auskeimung und den Controlgelatinestich mit Sicherheit erkennen, dass Sporen gebildet waren. Da ich aber diese Röhrchen dreimal so lange im Thermostaten stehen liess, als eigentlich zur Sporenbildung nöthig gewesen wäre, so musste ich auch die andern Proberöhrchen dreimal 16, dreimal 36, resp. dreimal 50 Stunden in den betreffenden Thermostaten halten. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle VII zusammengestellt.

Tabelle VII.

Die Bacillen verweilten bei:	Wie lange?	Die Sporen wurden erhitzt auf:	Wie lange?	Erfolgte noch Auskeimung?	Controlgelatinestich
37°	3 × 16 Stunden	90°	3 Minuten	+	+
			6 »	+	+
			9 »	+	+
			12 »	+	+
			15 »	0	0

Die Bacillen verweilten bei:	Wie lange?	Die Sporen wurden erhitzt auf:	Wie lange?	Erfolgte noch Auskeimung?	Controlgelatinestich
31°	3 × 16 Stunden	90°	3 Minuten	+	+
			6 »	+	+
			9 »	+	+
			12 »	0	0
			15 »	0	0
24°	3 × 36 Stunden	90°	3 Minuten	+	+
			6 »	+	+
			9 »	+	+
			10 »	+	+
			12 »	0	0
			14 »	0	0
			15 »	0	0
18°	3 × 50 Stunden	90°	3 Minuten	+	+
			5 »	+	+
			6 »	+	+
			7 »	+	+
			9 »	0	0
			10 »	0	0
			12 »	0	0
			14 »	0	0

Aus dieser Tabelle geht deutlich hervor, dass die bei 37° gebildeten Sporen am resistenzfähigsten sind, da sie nach 12 Minuten langer Erhitzung auf 90° sich noch völlig normal entwickelten. Die bei 31 und 24° gebildeten Dauerformen erwiesen sich schon weniger widerstandsfähig, und die bei 18° entstandenen waren nach 9 Minuten bei einer Erhitzung auf 90° abgetödtet; wie wir aber früher schon sahen, werden bei 37° kaum rascher Sporen gebildet als bei 31°. Erwägen wir nun, dass man unter dem »Optimum« der Sporenbildung sowohl die grösste Widerstandsfähigkeit der Dauerformen als die kürzeste Zeit der Bildung zu verstehen hat, so lassen auch obige Resultate keine völlig scharfen Schlüsse über die, für die Sporenbildung günstigste Temperatur zu, und müssen wir uns mit der Constatirung der Thatsache begnügen, dass zwischen 31 und 37° am raschesten und die widerstandsfähigsten Sporen auftreten.

Digitized by Google

Auffallend ist, dass, während die ursprünglichen Sporen, die auf Kartoffeln bei 37° gebildet waren, nach 7 Minuten langer Einwirkung der Kochhitze noch auskeimten, die in Bouillon nach dreimal 15 Stunden entstandenen durch eine 12—15 Minuten lange Erwärmung auf 90° bereits abgetödtet waren. Ich stellte deshalb auch mit Sporen, die 10 Tage bei 37° verweilt hatten, Erhitzungsversuche an, welche folgende Resultate lieferten:

Tabelle VIII.

Nährmaterial	Sporenbildung bei 37° innerhalb:	Erhitzung auf 90° während:	Keimten d. Sporen noch aus?	Controlgelatinestich
Bouillon	10 Tagen	14 Minuten	+	+
		16 »	+	+
		20 »	+	+
		22 »	0	0
Kartoffelscheiben	10 Tagen	14 Minuten	+	+
		16 »	+	+
		20 »	+	+
		22 »	0	0
Blutserum	10 Tagen	14 Minuten	+	+
		16 »	+	+
		20 »	0	0
		22 »	0	0

Die innerhalb 10 Tagen bei 37° gebildeten Sporen besitzen also eine grössere Widerstandsfähigkeit als jüngere, innerhalb 3 mal 16 Stunden entstandene Dauerformen. Die auf Blutserum entwickelten Sporen erwiesen sich weniger widerstandsfähig als solche, welchen Kartoffeln und Bouillon als Nährmedium dienten.

Wie ich schon oben angeführt habe, findet die Sporenbildung bei 24° nach etwa 36 Stunden, bei 18° nach etwa 50 Stunden statt. Ich lasse in der Tabelle IX einige diesbezügliche Versuche, die in der gleichen Anordnung wie früher ausgeführt worden sind, folgen.

Digitized by Google

Tabelle IX.

Versuchsbeginn	Temperatur	Verweilen im Brutschranke	Resultat	Controlgelatinestich
29. VII.	24°	28 Stunden	0	0
		32 »	0	0
		36 »	+	+
		40 »	+	+
11. VIII.	24°	32 Stunden	0	0
		34 »	0	0
		36 »	+	+
		38 »	+	+
29. VII.	18°	40 Stunden	0	0
		48 »	0	0
		52 »	+	+
		56 »	+	+
		60 »	+	+
18. VIII.	18°	48 Stunden	0	0
		50 »	+	+
		52 »	+	+
20. VIII.	18°	46 Stunden	0	0
		48 »	+	+
		50 »	+	+

Die durch mikroskopische Betrachtung gefundenen Resultate resp. die bisherigen Angaben über die zur Sporenbildung erforderlichen Zeiten weichen also gerade bei niederen Temperaturen sehr von der, durch die biologische Methode festgestellten Wirklichkeit ab. Umsomehr war zu erwarten, dass auf letzterem Wege angestellte Versuche über die Sporenbildung bei niederen Temperaturen zu neuen Thatsachen führen werden. Wie erwähnt, werden 15° C. als untere Temperaturgrenze für die Sporenbildung angeführt. Ich war nun bestrebt, festzustellen, ob bei 12° C., der Temperatur unseres Wasserleitungswassers, eine solche nicht mehr möglich ist. Zu diesem Zwecke wurden Reagir-Cylinder, die mit Milzbrandbacillen-haltender Bouillon beschickt waren, in dem laufenden Wasser der Wasserleitung bewahrt. Ein während der ganzen Versuchszeit im Wasser befindliches Maximum-

und Minimumthermometer zeigte als höchste Temperatur 13° C., als niedrigste 12° C. an. Einige der erhaltenen Resultate lasse ich in der Tabelle X folgen.

Tabelle X.

Versuchsbeginn	Temperatur	Verweilen im Brutschranke	Resultat	Controlgelatinestich
29. VII.	12—13°	60 Stunden	0	0
		72 »	0	0
		84 »	0	0
		96 »	0	0
		108 »	0	0
12. VIII.	12—13°	72 Stunden	+	+
		84 »	+	+
		96 »	0	0
		108 »	+	+
20. VIII.	12—13°	72 Stunden	0	0
		84 »	0	0
		96 »	0	0
		108 »	+	+
		120 »	0	0
		132 »	+	+

Es zeigt sich bei 12° ein ungleichmässiges Verhalten, das trotz der sorgfältigsten Behandlung immer wiederkehrte, und zwar nicht nur bei den Milzbrandbacillen, die in Bouillon Dauerformen gebildet hatten, sondern auch bei denen, die im Milzbrandblute selbst oder in Bouillon mit 2% Kochsalz gewachsen waren. Diese lückenhaften Resultate sind, wie man mit Recht annehmen darf, darauf zurückzuführen, dass 12° C. die niedrigste Temperatur sein dürfte, bei welchen Sporen gebildet werden, eine Temperaturgrenze, bei der nur die stärksten vegetativen Keime noch im Stande sind, Sporen zu erzeugen. Ich wurde in dieser Ansicht bestärkt, als ich sechs Röhrchen, die 6×24 Stunden im laufenden Wasser sich befanden, gleichzeitig nach der Erhitzung in den Thermostaten stellte. Obwohl alle Röhrchen mit

gleichen Mengen vegetativen Milzbrandmaterials beschickt waren und völlig gleich behandelt wurden, ergaben sie nachstehende Resultate:

R I blieb steril,
R II reichliche Entwickelung,
R III ebenso,
R IV blieb steril,
R V reichliche Entwickelung,
R VI blieb steril.

Gerade auf die bei 12° erhaltenen Resultate ist ein besonderer Werth zu legen, nicht bloss deshalb, weil man bis jetzt als das Temperaturminimum der Sporenbildung 15° C. annahm, sondern aus weiteren Gründen. Bekanntlich herrschen, worauf u. a. auch Kitasato a. a. O. in seinen Sporenversuchen aufmerksam macht, noch in einer Bodentiefe von $^1/_2$ m von Mai bis October Temperaturen von 12 bis 16° C.; andererseits wies Schrakamp[1]) nach, dass in verschiedenen, allerdings vorher sterilisirten Bodensorten der Milzbrandbacillus seinen ganzen Entwickelungsprocess durchlaufen kann. Kommen nun Cadavertheile oder milzbrandhaltiges Blut in den Boden, so ist also bei uns während eines grossen Theiles des Jahres die Möglichkeit gegeben, dass die Bacillen in Sporen übergehen. Aber nicht nur eine Sporenbildung ist bei 12° noch möglich, sondern es erfolgt, wie ich hier einschalten möchte, bei dieser Temperatur und sogar noch bei durchschnittlich 7° C. ein Auskeimen der Anthraxsporen[2]) und eine geringe Vermehrung der Bacillen.

Es könnten daher die manchmal beobachteten Massenerkrankungen an Milzbrand, sogar in winterlichen Zeiten, nicht nur etwa durch wenige Sporen hervorgerufen werden, sondern durch die in grosser Anzahl vorhandenen vegetativen Formen,

1) Schrakamp, Zur Aethiologie des Milzbrands. Arch. f. Hyg., Bd. 2, S. 335.

2) Die Versuche über das Auskeimen der Sporen bei verschiedenen Temperaturen, welche ich im Auftrage von Prof. Forster ebenfalls übernommen habe, habe ich noch nicht völlig abgeschlossen; ich werde später Gelegenheit haben, die Resultate mitzutheilen.

die durch Auskeimung von wenigen Sporen und Vermehrung bei solcher niedriger Bodentemperatur entstanden sind.

Fasse ich die gefundenen Werthe über den Eintritt der Sporenbildung zusammen, so komme ich zu dem Schlusse, dass bei 18, 24, 31, 35 und 37° in Bouillon nach ganz bestimmten Zeiten Dauerformen auftreten, dass aber auch noch bei niedern Temperaturen — 12—13° — Sporen gebildet werden, in letzterem Falle aber unregelmässig und vermuthlich nur von den kräftigsten Individuen unter den anwesenden Bacillen.

Als nächste Frage war nun zu beantworten, ob die Bacillen unter andern Umständen, welche sie in ihrem natürlichen Leben sowohl, als auch in künstlichen Nährböden antreffen, zur gleichen Zeit Sporen bilden wie in Bouillon. So ist aus den Versuchen Buchner's bekannt, dass die Milzbrandbacillen, in destillirtes Wasser und in schwache Kochsalzlösungen gebracht, unter dem Einfluss dieser Verdünnungen rasch Sporen bilden; weiterhin hat Buchner dargethan, dass die Production von Anthraxsporen durch einen Zusatz von 2% Kochsalz begünstigt, und darüber hinaus verlangsamt wird. Ebenso glaubte auch Schreiber eine Beschleunigung der Sporenbildung unter dem Einflusse des destillirten Wassers und der verdünnten Kochsalzlösung zu beobachten.

Als Nährmedien verwendete ich solche von fester Consistenz und auch Nährlösungen der verschiedensten Zusammensetzungen; ich verfolgte das Auftreten der Dauerformen bei Temperaturen von 37, 24 und 18°. Die festen Nährmedien, die vorher auf die betreffenden Temperaturen erwärmt worden waren, wurden mit Milzsaft geimpft, und in die entsprechenden Thermostaten gebracht; nach den, in der folgenden Tabelle angegebenen Zeiten wurde von den bis dahin entwickelten Culturen Material in Bouillonröhrchen übertragen, und je zwei von diesen gleichzeitig in der beschriebenen Weise 2 Minuten auf 80° erhitzt, gekühlt und in den Brutapparat zur Auskeimung hingestellt. Im Voraus war anzunehmen, dass die Zeitunterschiede im Eintritte der Sporenbildung bei den verschiedenen Nährmedien keine erheblichen sein werden, weshalb ich bei den zahlreichen Ver-

suchen nur Zeiten berücksichtigte, die in der Nähe der durch die Bouillonversuche schon bekannten lagen.

Tabelle XI.

Nährboden	Temperatur des Thermostaten	Verweilen im Thermostaten	Sporenbildung in beiden Bouillonröhrchen	Verweilen im Thermostaten	Sporenbildung
1. Agar-Agar	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
2. Kartoffelscheiben	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
3. Blutserum	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
4. Kartoffelgelat.	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
5. Gelatine	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
6 Bierwürzgelat.	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	0 0
	24°	34 »	0 0	36 »	0 0
	18°	48 »	0 0	50 »	0 0

Wir sehen aus vorstehender Tabelle, dass in allen geeigneten festen Nährmedien die Sporenbildung zur selben Zeit erfolgt wie in Bouillon. Es ist klar, dass in der Bierwürz-Gelatine infolge der sauern Reaction die Bacillen sich nur kümmerlich entwickelten und keine Sporen bildeten. Die Versuche der Sporenbildung in flüssigen Nährmedien zeigten die Ergebnisse in Tabelle XII auf S. 385.

Wo also die Milzbrandbacillen Sporen erzeugen können, ist, wie aus beiden Tabellen hervorgeht, das erste Auftreten der Dauerformen nicht von der Art und Beschaffenheit des Nährmediums abhängig, sondern nur von der Temperaturhöhe.

Tabelle XII.

Nährlösung	Temperatur des Thermostaten	Verweilen im Thermostaten	Sporenbildung	Verweilen im Thermostaten	Sporenbildung
1. Kalbfleischbouillon ohne Pepton	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
2. Weizenschleim	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
3. Schleim aus 5% Quitten und 5% Eibischwurzel	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
4. Löffler'sche Bouillon mit 2% Kochsalz	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
5. Destillirtes Wasser u. 2% Kochsalz	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
6. Dest. Wasser	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +
7. Milzbrandblut selbst auf feuchten Läppchen	37°	14 Stunden	0 0	16 Stunden	+ +
	24°	34 »	0 0	36 »	+ +
	18°	48 »	0 0	50 »	+ +

Buchner's Angaben über die Begünstigung der Sporenbildung durch destillirtes Wasser und Nährmedien mit einem Gehalte von 2% Kochsalz kann ich insofern bestätigen, als bei der starken Verdünnung kein Wachsthum der vegetativen Formen erfolgte, sondern diese ohne Weiteres in Sporen übergingen; in solchen Flüssigkeiten waren nach etwa 16 Stunden zahlreiche Sporen entstanden, zu früheren Zeiten aber dem Thermostaten entnommene und hierauf erhitzte Röhrchen blieben steril, enthielten also noch keine Sporen. Der Befund Schreiber's, dass der Entwicklungsgang des Milzbrandbacillus in destillirtem

Digitized by Google

Wasser um 18, in der 2proc. Kochsalzlösung um 20 Stunden abgekürzt wird, stimmt wohl in Bezug auf die, von ihm auf anderen Nährböden gemachten Erfahrungen, entspricht aber nicht, da Schreiber ausschliesslich auf seine mikroskopischen Beobachtungen angewiesen war, den wirklichen Verhältnissen [1]).

Nachdem ich nun die Sporenbildung der Milzbrandbacillen bei niedern und gewöhnlichen Culturtemperaturen verfolgt habe, erübrigt mir noch, dieselbe bei höheren Temperaturen festzustellen. Bei 38—39° entstanden Dauerformen noch ziemlich regelmässig, und zwar nach etwa 18 Stunden; die Sporenbildung

---

1) Es ist allgemein bekannt, dass das mikroskopische Aussehen der Anthraxbacillen, je nach dem Nährboden, auf dem sie gewachsen sind, variirt; mir fielen deutlich sichtbare, dunklere Körnchen auf bei den Bacillen, die sich auf Eibisch-, Quitten- und Weizenschleim entwickelten. Diese Körnchen sind jedenfalls identisch mit den von Babes (Ueber isolirt färbbare Antheile von Bacterien. Zeitschr f. Hyg., Bd. 5, 1888, S. 173) und Ernst (Ueber Kern- und Sporenbildung in Bacterien. Zeitschr. f. Hyg., Bd. 5, 1889, S. 428) beschriebenen Körperchen. Aber auch in dem makroskopischen Verhalten von Flüssigkeitsculturen treten Differenzen zu Tage, welche zu einer noch eingehenderen Untersuchung veranlassen, als ich sie bisher ausführte. Wie ich nämlich beobachtete, tritt in Nährflüssigkeiten mit der allmählichen Vermehrung der Bacillen eine gewissermaassen typische Trübung oder Schleierbildung auf; diese grauweiss erscheinenden Schleier sind, wenn bei niederer Temperatur gebildet, mehr körniger Natur, bei höherer Temperatur mehr netzartig verflochten; in den meisten Flüssigkeiten hielten die Fäden zusammen, während sie in Medien mit 2% Na Cl fast wie Krystallnadeln anschiessen. Nur in destillirtem Wasser und einer 2proc. Na Cl-Lösung gingen, wie begreiflich, die Wuchsformen in Dauerformen über, ohne dass weder mikroskopisch eine Verlängerung der Fäden, noch makroskopisch eine stärkere Schleierbildung hätte wahrgenommen werden können. Während die hier gebildeten Sporen selbst bei längerem Verweilen im Thermostaten anscheinend unverändert blieben, konnte ich dagegen die merkwürdige Beobachtung machen, dass solche Sporen, die auf Kartoffeln und in Bouillon bei 37° gebildet waren, nach Abtödtung der vegetativen Formen in destillirtes Wasser gebracht, hierin keimten, zu langen Fäden auswuchsen und sonach im destillirten Wasser einen immerhin noch deutlichen Schleier hervorriefen. Nicht unterlassen möchte ich ferner, mit einigen Worten auf das Wachsthum der Milzbrandbacillen bei 37° in verflüssigter Kartoffelgelatine einzugehen; von einer dicken, rahmartigen Schicht, die an der Oberfläche erscheint, gehen zahlreiche, nebenwurzelartige Fäden aus und verbreiten sich in ziemlich senkrechter Richtung bis auf den Grund der Röhrchen.

war also doch etwas gegenüber der bei 37° und darunter verringert; bei 42° waren von 10 Röhrchen in zweien nach 36 Stunden Sporen nachzuweisen, die übrigen 8 Röhrchen blieben nach 2 Minuten langer Erhitzung auf 80° steril

Eine weitere wichtige Frage ist, ob bei beliebigen andern Stämmen die Sporenbildung bei 37°, 24° und 18° zur selben Zeit wie bei dem bisher gebrauchten Stamm eintritt.

Aus milzbrandhaltigem Thiermaterial, das dem hygienischen Institute übersandt worden war, habe ich im Monat Juli 1898 einen Stamm, den ich der Kürze halber mit M II bezeichne, rein gezüchtet. Einen weiteren Milzbrandstamm, M III, züchtete ich aus den Organen eines an Milzbrand gefallenen Rindes. Beide Stämme rührten von Milzbrandfällen her, von denen der eine in Lothringen, der andere in Unterelsass vorgekommen war. Einen vierten Milzbrandstamm, M IV, wieder anderen Ursprungs, der von Cultur zu Cultur mehrere Jahre lang überimpft worden war, stand mir aus den Institutsvorräthen zur Verfügung.

Bouillonröhrchen, die mit M II und M III geimpft waren, ergaben trotz der Verschiedenheit der Stämme bei häufig wiederholten Versuchen ziemlich übereinstimmende Resultate, die in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind. Die Virulenz der beiden Stämme kann als normal bezeichnet werden, indem Meerschweinchen vom gleichen Wurfe mit M II geimpft nach 36 Stunden, mit M III nach 38 Stunden eingingen. Siehe Tabelle XIII auf S. 388.

In den Bouillonröhrchen, die mit M II und M III geimpft waren, traten also bei den verschiedenen Temperaturen zur selben Zeit Dauerformen auf wie in den mit M I geimpften Röhrchen. Anders verhielt sich der Culturstamm M IV; er hatte an Virulenz eingebüsst, tödtete Mäuse nach 30—38, Meerschweinchen nach ungefähr 2×24 Stunden. Versuche über den Eintritt der Sporenbildung bei diesem Stamme ergaben die Resultalte in Tabelle XIV auf S. 388.

Digitized by Google

Tabelle XIII.

Temperatur des Thermostaten	Verweilen im Thermostaten	Mit welchem Stamme geimpft?	Sporenbildung	Mit welchem Stamme geimpft?	Sporenbildung
37°	13 Stunden	M II [1])	0	M III [1])	0
	14 »	»	0	»	0
	15 »	»	+	»	0
	16 »	»	+	»	+
	18 »	»	+	»	+
24°	34 Stunden	M II	0	M III	0
	35 »	»	+	»	+
	36 »	»	+	»	+
	38 »	»	+	»	+
18°	47 Stunden	M II	0	M III	0
	48 »	»	0	»	+
	49 »	»	+	»	+
	50 »	»	+	»	+
	52 »	»	+	»	+

Tabelle XIV.

Versuchsbeginn	Temp. des Thermostat.	Verweilen im Thermostaten	Sporenbildung	Controlgelatinestich	Versuchsbeginn	Temp. des Thermostat.	Verweilen im Thermostaten	Sporenbildung	Controlgelatinestich
12. X.	37°	14 Std.	0	0	24. X.	37°	14 Std.	0	0
		16 »	0	0			16 »	0	0
		18 »	0	0			18 »	+	+
		20 »	+	+			20 »	+	+
		22 »	+	+			22 »	+	+
	24°	36 Std.	0	0		24°	36 Std.	0	0
		38 »	0	0			38 »	+	+
		40 »	+	+			40 »	+	+
		42 »	+	+		18°	48 Std.	0	0
	18°	50 Std.	0	0			50 »	0	0
		54 »	0	0			52 »	+	+
		58 »	0	0			54 »	+	+
		62 »	+	+					
		66 »	+	+					

1) Ich möchte nicht versäumen, zu bemerken, dass die Versuche mit M II im Monat Juli, mit M III Ende August ausgeführt wurden.

Die in der Tabelle angegebenen Unterschiede in der Zeit der Sporenbildung stehen offenbar in Zusammenhang mit einer gewissen Auffrischung der Milzbrandbacillen im Thierkörper. Am 12. X., nachdem der Culturstamm zum erstenmal den Thierkörper passirt hatte, trat bei 37, 24 und 18° die Sporenbildung verspätet ein im Vergleich mit den bisher gewonnenen Resultaten. Nach der dritten Thierpassage aber, am 24. X., erfolgte die Sporenbildung bei den verschiedenen Temperaturen fast in der normalen Zeit.

Wenn es auch unklug wäre, aus den Resultaten von vier Culturen verschiedenen Ursprungs allgemeine Sätze über das Verhalten aller möglichen sporogenen Milzbrandstämme aufzustellen, so glaube ich nunmehr doch soviel behaupten zu können, dass in ungeschädigten vegetativen Wuchsformen von normaler Virulenz und hoher Resistenz bei Temperaturen von 18—37° zu ganz bestimmten Zeiten Dauerformen auftreten, und zwar bedeutend früher, als man bisher auf Grund der mikroskopischen Untersuchungsmethode angenommen hatte.

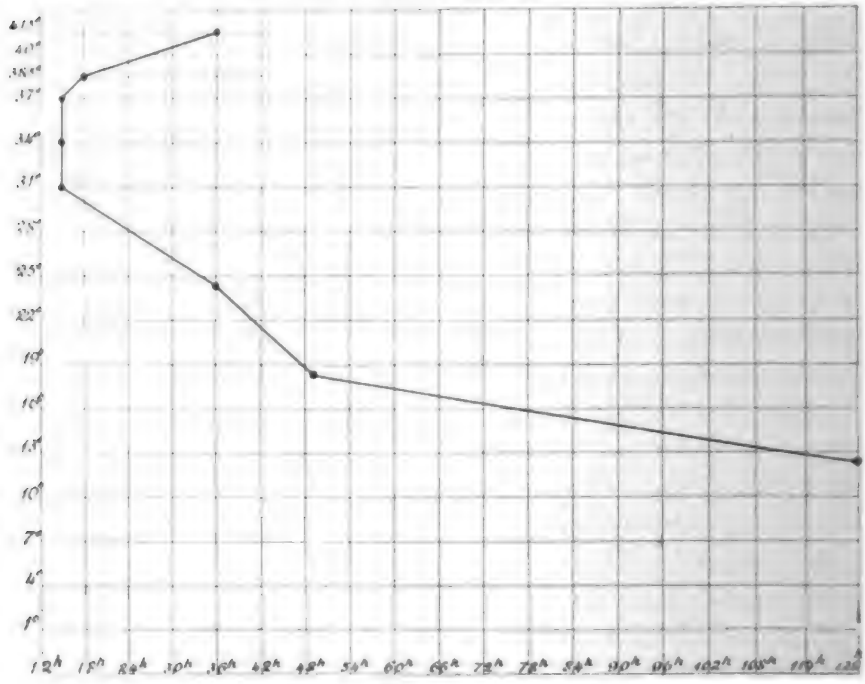
Bei 37—31° erfolgt die Sporenbildung ziemlich gleichzeitig, und zwar nach etwa 16 Stunden. Die Abnahme der Temperatur macht sich dann rasch bemerkbar, indem bei 24° schon 36 Stunden, bei 18° 50 Stunden zum Zustandekommen der Dauerformen erforderlich sind. Lassen wir eine Temperatur von nur 12—13° einwirken, so sind für die Sporenbildung ungefähr 120 Stunden nöthig, bei Temperaturen über 38° ist die Production der Sporen wieder verlangsamt. Diese Zeitunterschiede habe ich in folgender Curve (s. S. 390) zu veranschaulichen gesucht.

Eine weitere Frage, welche mich beschäftigte, war das Verhalten der Milzbrandbacillen bei Temperaturen unter 12°.

Aus dem Vorhergehenden wissen wir, dass bei 12° noch Sporen gebildet werden, wenn auch unregelmässig. Es ist im voraus kaum zu erwarten, dass bei Temperaturen unter 12° eine Sporenbildung stattfindet, doch nicht, dass sie unmöglich ist. Dies kann nur durch Versuche entschieden werden, bei denen das Schicksal der vegetativen Formen unter dem Einfluss niederer Wärmegrade verfolgt wird. Die Hauptschwierigkeit bei diesen

Digitized by Google

sich auf Wochen hinaus erstreckenden Versuchen bestand in der Auffindung von Räumen mit constanten niederen Temperaturen. Die erste Serie begann ich damit, dass ich mit Milzbrandblut geimpfte Bouillon in den Eisschrank einstellte; derselbe zeigte durchschnittlich 7° C., durch ein Minimum- und Maximum-Thermometer constatirte ich Schwankungen von 6—9°, welche Temperatur nach oben hin nie überschritten wurde. Alle 14 Tage



entnahm ich je zwei Röhrchen und unterzog dieselben einer eingehenden Untersuchung.

Das Verhalten der Bacillen nach den ersten 14 Tagen nun war Folgendes: Makroskopisch sahen beide Röhrchen wie steril aus; mikroskopisch waren in verschiedenen Gesichtsfeldern Ketten von 4—14 Gliedern aufzufinden.

Gelatinestich zeigte nach 3mal 24 Stunden bei 26° das typische tannenbaumähnliche Wachsthum.

Eine Maus, mit einem Cubikcentimeter geimpft, fiel nach 40 Stunden an Milzbrand.

Digitized by Google

Der Rest des einen Röhrchens, 2 Minuten auf 80° erhitzt, blieb steril.

Der Rest des zweiten Röhrchens, ohne Erhitzung in Brutwärme gebracht, zeigte üppiges Wachsthum, lange Ketten vegetativer Formen und auch Sporen. Zur biologischen Identificirung der letzteren erhitzte ich die Cultur, die nun 10 Tage bei 37° verweilt hatte, in gewohnter Weise, um die vegetativen Formen abzutödten, impfte mit zwei Oesen dieser Bouillon eine Maus, welche nach 26 Stunden der Impfung mit Milzbrandsporen erlag. Es ist kaum nöthig zu erwähnen, dass ich mich durch mehrere Präparate aus der Milz und Leber der todten Maus überzeugte, dass dieselbe an Milzbrand zu Grunde gegangen war.

Die Bacillen hatten hienach bei 7° weder sich vermehrt, noch Sporen gebildet. Ihre geschwächte Virulenz kehrte unter dem günstigen Einfluss der Brutwärme wieder zum ursprünglichen Grade zurück.

Das Verhalten der Bacillen, die vier Wochen lang bei 7° verweilt hatten, ist ungefähr gleich. Nur die Virulenz war etwas mehr verringert, indem die mit 1 ccm geimpfte Maus erst nach 72 Stunden an typischem Milzbrand einging. Aehnlich sind die Verhältnisse nach sechswöchentlichem Verweilen im Eisschranke. Die Abnahme der Virulenz ist weiter gegangen; eine geimpfte Maus starb nach etwa 108 Stunden.

Nach zwei Monate langem Stehen im Eisschranke zeigen sich mikroskopisch kugelige Involutionsformen. Gelatinestich bleibt steril. Maus mit 1 ccm geimpft, bleibt am Leben. Originalröhrchen, nach 14 Tagen bei 37° zeigen starkes Wachsthum. Sporenbildung in den mikroskopischen Präparaten zweifelhaft, daher impfte ich mit zwei Oesen der auf 80° erhitzten Bouillon eine Maus, die nach 34 Stunden an Milzbrand einging, ein Beweis dafür, dass einzelne Dauerformen vorhanden waren, nicht genug jedoch, um eine Maus zu tödten.

Nach 2½ Monaten beobachtete ich: makroskopisch keinerlei Entwicklung, mikroskopisch Involutionsformen. Gelatinestich steril. Maus bleibt am Leben. Originalröhrchen 14 Tage bei 37°

sehen völlig steril aus. Maus hiermit geimpft zeigt keinerlei Krankheitserscheinungen. Die Bacillen waren also nach $2^1/_2$-monatlichem Verweilen bei durchschnittlich 7° abgestorben[1]).

Weiterhin war ich in der Lage, längere Zeit hindurch die Milzbrandbacillen bei 3° zu halten. Für solche Versuche war nämlich Herrn Professor Forster im Eiskeller einer hiesigen Brauerei mit grosser Bereitwilligkeit ein Raum zur Verfügung gestellt worden, in dem eine fast constante Temperatur von 3° C. während des ganzen Sommers unterhalten wurde; das von uns aufgestellte Maximumthermometer zeigte in dieser Zeit + 3°, das Minimumthermometer $2^3/_4$° an. In diesen Raum verbrachte ich eine verschliessbare Kiste, die mit Sand gefüllt war, damit die einzuführenden Röhrchen durch eventuelle Lufttemperaturschwankungen nicht beeinträchtigt würden. Als das im Sande befindliche Thermometer die Temperatur von 3° angenommen hatte, verbrachte ich in denselben die mit frischem Milzbrandmaterial geimpften Bouillonröhrchen, die zum Schutze in weitere Glasröhren eingestellt waren.

I. Entnahme von zwei Röhrchen nach zwölf Tagen. Mikroskopisch zeigten sich neben Ketten vegetativer Formen blass gefärbte kugelförmige Degenerationsformen. Je 1 ccm aus den beiden Röhrchen in Bouillon übertragen und zwei Minuten

1) In den mikroskopischen Präparaten, die ich aus den längere Zeit bei 7° gestandenen Culturen angefertigt hatte, fanden sich auch sehr lange Ketten oder Fäden von Milzbrandbacillen. Man könnte denken, dass diese Verbandformen auf ein Wachsthum der aus dem Thierkörper in die Bouillon übergebrachten Milzbrandbacillen bei 7° zurückzuführen wären. Dies ist aber nach den obigen Befunden nicht angänglich. Wohl heisst es in unseren gebräuchlichsten Lehrbüchern, dass der Milzbrandbacillus sich im Blute milzbrandiger Thiere in kleineren Verbänden von 2, 3, 6 Gliedern findet, während als höchste Zahl 10 Stäbchen angegeben werden. Ich konnte aber öfters in der Milz und Leber frisch an Milzbrand verendeter Mäuse und Meerschweinchen Ketten von 12 bis 15 Gliedern beobachten. Herr Conradi, dessen im hiesigen Institute ausgeführte Arbeit »Ueber Milzbrandtoxine« in Bälde erscheinen wird, zeigte mir Präparate aus der Milz und Leber von Kaninchen, deren Fäden bis 18 Stäbchen aufwiesen. Die langen Fäden, die ich in den mikroskopischen Präparaten der bei 7° gestandenen Culturen stets sah, sind offenbar schon in den Organen des Versuchsthieres anwesend gewesen und bei der Impfung in die Bouillon mit übertragen worden.

Digitized by Google

auf 80° erhitzt, ergab nach mehrtägigem Verweilen bei Brutwärme keine Entwicklung, sowie auch eine hiemit geimpfte Maus völlig gesund blieb; es waren also bei 3° keine Sporen gebildet worden. — Eine Maus, mit 1 ccm der nicht erhitzten Originalbouillon geimpft, starb nach 112 Stunden. Ferner besassen die Bacillen noch die Fähigkeit, in neuen Nährmedien sich zu entwickeln und auch in den Originalröhrchen, wenn diese bei 37° gehalten wurden, Sporen zu bilden.

II. Entnahme nach 18 Tagen. Eine Maus, mit 1 ccm geimpft, bleibt am Leben; Gelatinestich steril.

Originalröhrchen jedoch bilden bei 37° Dauerformen, die nach Abtödtung der Bacillen auskeimen und eine Maus innerhalb 40 Stunden tödten.

III. Entnahme nach einem Monat. Maus bleibt am Leben; Gelatine steril. Die Bacillen erholen sich aber immer wieder nach mehrtägigem Verweilen bei 37°, bilden Sporen und sind infectiöser Natur.

IV. Entnahme nach zwei Monaten. Ich untersuchte drei Röhrchen, die mikroskopisch das oben schon beschriebene Bild zeigten. Von den drei Originalröhrchen, die nunmehr in den Thermostaten von 37° gebracht wurden, waren zwei nach zehntägigem Verweilen daselbst noch steril; hiermit geimpfte Mäuse zeigten keinerlei Reaction. In dem dritten Röhrchen war reichliche Entwicklung von Bacillen eingetreten, welche dabei Sporen gebildet hatten: diese tödteten nach zwei Minuten langer Erhitzung auf 80° eine Maus, der 1 ccm dieser Sporenbouillon injicirt wurde, nach 23 Stunden

Um ganz sicher zu sein, dass in den beiden Röhrchen, in denen kein Wachsthum eingetreten war, sich wirklich nur todte Bacillen befanden und keine, welche in ihrer Entwicklung bloss gehemmt waren, goss ich den Rest der beiden Culturen in ein Kölbchen von 30 ccm frischer Bouillon, aber auch diese blieb, bei 37° gehalten, steril.

Nach 72 Tagen wurden abermals drei Röhrchen in gewohnter Weise untersucht; das Ergebnis war, dass alle Bacillen in der

Digitized by Google

That abgestorben waren. Eine Sporenbildung hatte also bei dieser niedrigen Temperatur auch nach langer Zeit nicht stattgefunden.

Eine weitere Versuchsreihe, in welcher die Milzbrandbacillen bei 10° gehalten wurden, hatte ich gleichzeitig mit denen bei 3° im Hinblicke auf die Untersuchungen Professor Forster's[1]) unternommen, nach denen es eine Reihe von Bacterien gibt, die bei der Temperatur des schmelzenden Eises noch ihre Lebensfunctionen auszuüben vermögen.

Jetzt, nachdem wir das Verhalten der Anthraxbacillen bei 3° kennen gelernt haben, ist allerdings anzunehmen, dass diese auch bei 0° keine Sporen bilden, nach einer gewissen Zeit an ihrer Lebensfähigkeit einbüssen und allmählich zu Grunde gehen, falls man sie nicht rechtzeitig dem günstigen Einfluss höherer Temperaturen unterwirft.

Die constante Temperatur von 0° in einem grossen, mit Eisstückchen gefüllten Gefässe stellte ich mir dadurch her, dass ich während des Tages das Eis öfters erneuerte, und über Nacht grosse Mengen davon in Anwendung brachte. Durch ein Maximum- und Minimumthermometer überzeugte ich mich, dass während der ganzen Versuchsdauer keine Temperaturschwankungen eingetreten waren. Eine Anzahl von Röhrchen mit geimpfter Bouillon, die mit Gummikappen verschlossen waren, verbrachte ich in den Eisapparat; nach 10 Tagen untersuchte ich die ersten 2 Röhrchen.

Mikroskopisch ergaben sie das bekannte Bild normal aussehender Stäbchen, sowie klumpige Formen. Eine Maus, mit 1 ccm nach Erwärmung auf 80° geimpft, blieb am Leben, ein Beweis dafür, dass keine Dauerformen entstanden waren, dagegen erfolgte im Thermostaten von 37° in den Originalculturen starke Vermehrung und Sporenbildung; diese Dauerformen tödteten Mäuse innerhalb 24 Stunden.

Ein ganz ähnliches Verhalten zeigten in obiger Weise behandelte Culturen, welche nach 16 und 20 Tagen untersucht

1) Forster, Ueber die Entwickelung von Bacterien bei niederen Temperaturen. Centralbl. f. Bact., Bd. 12, S. 431; 1892.

wurden. Nach etwas mehr als 3 Wochen, nach 23 und 24 Tagen, erwiesen sich dagegen die Bacillen als abgestorben; denn die Originalröhrchen blieben nun, selbst nach 14tägigem Verweilen bei 37° steril, und Impfungen auf Mäuse in Bouillon und Gelatine blieben erfolglos.

In der Einwirkung niederer Temperaturen auf die Anthraxbacillen lassen sich mithin drei periodisch wiederkehrende Stadien erkennen.

I. Stadium: Die Bacillen verlieren an ihrer ursprünglichen Virulenz; es tritt ein Zeitpunkt ein, in dem grosse Mengen Bacillenaufschwemmung Mäuse noch zu tödten vermögen. Dieses Stadium ist erreicht

bei 6—8° zwischen 1½ und 2 Monaten
» 3° » 12 » 18 Tagen
» 0° vor 10 Tagen.

Im II. Stadium sind die Anthraxbacillen, falls sie noch rechtzeitig höheren Temperaturen (37° C.) ausgesetzt werden, im Stande, sich zu erholen und nach wenigen Tagen Sporen und neue vegetative Formen von fast normaler Virulenz hervorzubringen. In dieser Weise verhielten sich Culturen, die

60 Tage lang 6—8°
55 » » 3° und
20 » » 0° ausgesetzt waren.

Das III. Stadium, ein völliges Absterben der Bacillen, erfolgte

bei 6—8° nach 2½ Monaten
» 3° » circa 65 Tagen
» 0° » » 24 »

Ob diese Zahlen sich auch für andere Milzbrandstämme richtig erweisen, müssen weitere Versuche darthun.

Als nicht unwichtig erscheint mir, darauf aufmerksam zu machen, dass die schon sehr geschwächten Bacillen, noch rechtzeitig der Kälteeinwirkung entzogen und in Bruttemperatur gebracht, oft schon nach 2×24 Stunden Nachkommen von fast

normaler Virulenz gebildet haben, während mehrere andere Culturröhrchen, am folgenden Tage dem Kältegemisch entnommen, nur mehr todte Bacillen enthalten. Daraus scheint hervorzugehen, dass durch Kälte die einzelnen Individuen in ungleichem Grade benachtheiligt werden, dass aber geschädigte Anthraxbacterien, solange sie noch etwas lebensfähig sind, unter dem günstigen Einfluss der Wärme rasch ihren früheren ursprünglichen Virulenzgrad wieder annehmen.

Zum Schlusse habe ich über Versuche zu berichten, in welchen ich dem Einfluss von Temperaturen unter 0° auf das Verhalten der Milzbrandbacillen nachgegangen bin.

Bei Experimenten über die Einwirkung sehr niedriger Temperaturen (— 130° C.) auf das Leben der Milzbrandbacillen fanden Pictet und Joung[1]), dass bei dieser Temperatur die vegetativen Wuchsformen des Bacillus Anthracis in wenigen Stunden abgetödtet werden. Weitere Untersuchungen hierüber verdanken wir dem russischen Thierarzt Klepzopf[2]); derselbe stellte Blut und Theile verschiedener parenchymatöser Organe Temperaturen aus, die zwischen — 19 und — 28,7° schwankten. Nach 3½ tägiger Kälteeinwirkung fertigte er Agarplatten an, die typische Culturen ergaben. Thiere mit so behandelten Bacillen geimpft, erlagen der Injection in der normalen Zeit. Eine zwölftägige derartige Kälte war nach seinen Erfahrungen genügend, um die Anthraxbacillen zu tödten.

Die Angaben Klepzopf's, dass Culturen nach 24 tägiger Einwirkung einer Temperatur von durchschnittlich — 19° C. ein Meerschweinchen in der fast normalen Zeit von 40 Stunden tödteten, stehen im Widerspruch mit den von mir gemachten Erfahrungen bei Temperaturen von 3° und 0°. Wie ich oben schon erwähnte, erweisen sich Anthraxculturen, die 20 Tage ununterbrochen bei 0° stehen, überhaupt nicht mehr pathogen;

1) Pictet et Joung, De l'action du froid sur les microbes (Compt. r. de l'Ac. d. sc. 1884, No. 12).

2) Klepzopf, Zur Frage über den Einfluss niederer Temperaturen auf die vegetativen Formen des Bacillus Anthracis. Centralbl. f. Bact., Bd. 17, S. 293; 1895.

ich bin nicht im Stande, eine Erklärung für diesen Unterschied in den Beobachtungen zu geben; vielleicht handelt es sich um einen Stammesunterschied.

Um nun die Einwirkung einer, mittelst Kältegemisch erzeugten möglichst constanten niederen Temperatur auf das Leben der Milzbrandbacillen zu studiren, beschickte ich ein grosses Blechgefäss, das zum Abfliessen des geschmolzenen Eises durchlöchert war, mit einem innigen Gemisch von zerstückeltem Eise und Kochsalz. Während des Tages herrschte darin, wie das Thermometer anzeigte, eine constante Temperatur von — 18°; während der Nacht, in der zwar grosse Mengen des Eis- und Salzgemisches angewandt, aber nicht erneuert wurden, traten Schwankungen von 3° ein, so dass das Thermometer des Morgens gewöhnlich — 15 oder — 16° anzeigte. In diese Mischung verbrachte ich mit Gummikappen verschlossene Röhrchen mit frischem Milzbrandmaterial und mit Bouillon, die in gewohnter Weise mit 2 Oesen von jenem geimpft waren. Von Zeit zu Zeit entnahm ich ein Röhrchen, liess dessen Inhalt bei Zimmertemperatur aufthauen, impfte alsdann mit 1 ccm eine Maus und fertigte eine Gelatinestichcultur an. Das Originalröhrchen liess ich nun gewöhnlich 3 mal 24 Stunden im Thermostaten von 37° stehen, erhitzte dasselbe dann zwei Minuten auf 80° und impfte zum Nachweis, ob nunmehr auch Sporen gebildet waren, sowie der Virulenz der letzteren, Mäuse mit zwei Oesen der Cultur. Ich kam dabei zu folgenden Resultaten. (Siehe Tabelle XV auf S. 398.)

Die Bacillen, die 9 mal 24 Stunden der Kälte ausgesetzt waren, und die folgenden liess ich entsprechend lange im Thermostaten stehen, da nach 5 Tagen in den Originalröhrchen noch keine Entwicklung eingetreten war, und auch Mäuse auf eine Impfung mit der unerhitzten Bouillon keinerlei Reaction zeigten. Eine deutliche Entwicklung erfolgte in den oben erwähnten Röhrchen nach 10—15 tägigem Verweilen bei 37°; es wurden hiebei Sporen gebildet, die trotz der Schädigung und Entwicklungshemmung der vorausgegangenen Vegetation eine normale Virulenz besassen.

Tabelle XV.

Temperatur 18—15° unter Null.

Einwirkung derselben	Resultat des Gelatine-stichs	Maus mit 1 ccm geimpft, starb nach	Sporen-bildung im Original-röhrch. b. 37°	Mäuse mit 2 Oesen erhitzt. sporenhalt. Bouillon geimpft
2 Stunden	+	† 39 Stunden	+	Starben alle innerhalb 30 Stunden
16 »	+	† 42 »	+	
24 »	+	† 96 »	+	
2 Tage	+	† 83 »	+	
3 »	+	† 104 »	+	
4 »	+	† 84 »	+	
5 »	0	bleibt am Leben	+	
6 »	0	»	+	
9 »	0	»	+	
13 »	0	»	+	
18 »	0	»	0	Bleibt am Leben.
20 »	0	»	0	

Auch bei diesen Versuchen lassen sich mit grosser Deutlichkeit die drei Stadien unterscheiden, in welche die Milzbrandbacillen unter dem Einflusse der Kälte versetzt werden. Das I. Stadium ist nach 5 Tagen eingetreten. Die ursprüngliche normale Virulenz der Bacillen ist auf einen derartig niederen Grad herabgesetzt, dass zwei Mäuse, von denen der einen 3 ccm dieser Bouillon, der andern selbst 2 ccm Milzbrandblut ohne Verlust eingespritzt wurden, am Leben blieben.

Das II. Stadium liegt zwischen 5 und 14 Tagen. Hier wirkte eine Temperatur von 37° C. noch günstig auf die vorher in der Kältemischung gehaltenen Bacillen ein, so dass sie nach längerer Zeit, proportional der Dauer der vorausgegangenen Kältewirkung ihren anfänglichen Infectiositätsgrad wieder erreichen.

Das III. Stadium, der Tod, trat bei den so behandelten Bacillen nach ungefähr 18 Tagen ein.

Im Laufe vorstehender Untersuchungen glauben wir nun die beiden physiologischen Bedingungen,

die Einwirkung von niederen und höheren Temperaturen,

sowie den Einfluss der verschiedenen Nährmedien auf

Digitized by Google

das Wachsthum und die Sporenbildung der Milzbrandbacillen,

genügend gewürdigt zu haben. Die weiteren Versuche erstrecken sich auf die dritte physiologische Bedingung der Sporenbildung, nämlich die ungehinderte Zufuhr von Sauerstoff.

Ist in geeigneten Nährmedien bei Ausschluss des atmosphärischen Sauerstoffs eine Sporenbildung der Anthraxbacillen möglich?

Den Milzbrandbacillus rechnet man zu den facultativen Anaërobionten, alle seine Lebensäusserungen gehen am kräftigsten bei Anwesenheit von Sauerstoff von statten. Gegen Sauerstoffmangel sind nach Liborius[1]) die Anthraxbacillen nicht so empfindlich, dass sie ihre Lebensäusserungen etwa einstellen, sondern sie pflegen je nach der Vollständigkeit der Sauerstoffentziehung immerhin noch eine nicht unbedeutende Menge von Nährmaterial zu verbrauchen und eine beträchtliche Vermehrung zu zeigen.

Für die Bildung der Sporen jedoch bedürfen die Milzbrandbacillen, gemäss den zahlreichen Literaturangaben, einer reichlichen Zufuhr von Sauerstoff. Buchner allein sagte darüber, dass der Sauerstoff nur das Wachsthum der Bacillen, aber nicht direct die Sporenbildung beeinflusse.

Ich versuchte nun experimentell der Frage näher zu treten, indem ich pflanzliches und thierisches Nährmaterial, mit frischen Milzbrandbacillen geimpft, nach Entfernung der in den betreffenden Gefässen befindlichen Luft einer günstigen Temperatur aussetzte. In der Auswahl der Nährmedien berücksichtigte ich eine Erfahrung Migula's; dieser Forscher macht darauf aufmerksam, dass die Sporenbildung bei manchen Bacterien auf einem passenden Nährboden eintreten kann, während eine solche auf den gewöhnlich gebräuchlichen Nährmedien nicht erfolgt; so fand er bei einer Untersuchung über die Sporenbildung des Bacteriums der blauen Milch, dass auf zähem Althaeaschleim

1) Liborius, Beiträge zur Kenntnis des Sauerstoffbedürfnisses der Bacterien. Zeitschr. f. Hyg., Bd. 1, S. 172; 1886.

sehr schöne Sporen entstanden, während solche weder auf Nähr-Agar noch in Nähr-Gelatine erhalten werden konnten; ebenso schreibt Migula dem Quittenschleim eine die Sporenbildung fördernde Wirkung zu. Ich brachte daher ausser den gewöhnlichen bacteriologischen Nährmedien eine wässerige Maceration von je 5% Quittenfrüchten und Eibischwurzel in Anwendung.

Als anaërobes Züchtungsverfahren wählte ich das der Entfernung der Luft durch lange dauerndes Einleiten von Wasserstoff; die hierzu benutzten Apparate waren:

1. Reagensgläser nach der Roux-Heim'schen[1]) Methode hergerichtet.
2. Petri'sche Schalen, die offen im sterilen Botkin'schen Apparate gehalten wurden.

Bei der Ausführung der Versuche nach der ersten Methode verfuhr ich folgendermaassen: Reagensgläser wurden mit dem betreffenden Nährmaterial sterilisirt, rasch zum Erkalten gebracht und alsdann mit dem Milz- und Lebersaft eines an Milzbrand gefallenen Meerschweinchens geimpft. Die Reagiercylinder verengerte ich dann etwas unter ihrer Mündung durch Erhitzen im Gebläse. In die so hergericheten Cylinder leitete ich Wasserstoff, der von Spuren von Schwefelwasserstoff, Arsenwasserstoff und Sauerstoff durch Anwendung von drei Waschflaschen mit Lösungen von Bleinitrat (10%), Silbernitrat (10%), Pyrogallol und Alkali gereinigt war. Durch einen Gummischlauch verband ich die letzte Waschflasche mit einer zur Capillare ausgezogenen sterilisirten Glasröhre, deren dickeren Theil ich vorsichtshalber noch mit zwei Wattebäuschchen verschlossen hatte. Von solchen sterilisirten Capillaren fertigte ich mir einen grossen Vorrath an, da für jedes Culturröhrchen eine nöthig war. Das Sterilisiren der äusseren Wand der Capillaren besorgte ich immer erst dann, wenn der Wasserstoffapparat schon einige Zeit in Thätigkeit gesetzt, also alle Luft aus dem-

1) Heim, Lehrbuch der bacteriologischen Untersuchung und Diagnostik, S. 140; 1894.

selben verdrängt und ein reiner Wasserstoffstrom vorhanden war; sodann brachte ich die Capillare auf den Grund der, in obenbeschriebener Weise präparirten Röhrchen und leitete durch letztere mindestens eine Viertelstunde lang einen kräftigen Wasserstoffstrom. Hierauf schmolz ich das Glasröhrchen an der verengerten Stelle sammt Capillare möglichst rasch ab; dabei entzündete sich der Wasserstoff und verbrannte ruhig ohne jegliches Geräusch. Die zugeschmolzenen Cylinder, in denen sich also der untere Theil der Capillare befand, wurden ausserdem noch mit Paraffin überzogen und in den Thermostaten von 37° gestellt. Nach 14 Tagen entnahm ich die Röhrchen, öffnete dieselben unter sterilen Cautelen und unterwarf deren Inhalt einer genauen Prüfung.

I. Gelatineröhrchen.

Zwei solche waren noch in flüssigem Zustande geimpft und während der Wasserstoffeinleitung durch Wasser von ca. 32° flüssig gehalten worden. Dieselben zeigten nach 14 Tagen folgendes Verhalten:

Makroskopisch war in beiden Röhrchen keine Entwicklung wahrzunehmen.

Mikroskopisch waren in einigen Präparaten überhaupt keine Authraxbacillen, in andern fast ausschliesslich Involutionsformen aufzufinden.

Die Originalröhrchen, sowie damit geimpfte frische Gelatineröhrchen blieben nach 10tägigem Verweilen im Thermostaten von 26° steril, ebenso hiermit geimpfte Bouillon, die die gleiche Zeit im Brutschranke von 37° gestanden war.

Die Bacillen waren mithin in der Gelatine unter anaëroben Bedingungen abgestorben.

II. Bouillonröhrchen.

Makroskopisch: Starke Entwicklung.

Mikroskopisch: Fäden normal aussehender und klumpiger Milzbrandformen.

Digitized by Google

Originalröhrchen a, 2 Minuten auf 80° erhitzt, blieb steril, ebenso ein frisches, hiermit geimpftes Bouillonröhrchen.

Originalröhrchen b, nach dem Oeffnen direct wieder in den Brutschrank bei 37° gestellt, bildete reichlich Sporen, was ich auf biologischem Wege nachwies.

Bei Luftabschluss waren also auch in Bouillon keine Sporen gebildet worden, dagegen waren die Bacillen im Stande, nach dem Oeffnen des Röhrchens innerhalb kurzer Zeit Dauerformen zu bilden.

III. Agar-Agar.

In den beiden Agar-Röhrchen hatte ich dadurch anaërobe Bedingungen hergestellt, dass ich das frisch sterilisirte Agar unter Kühlung möglichst rasch schief erstarren liess, nach der Impfung ½ Stunde Wasserstoff durch die Röhrchen leitete, um die Luft möglichst auszuspülen, und dann die Röhrchen in der Flamme schloss.

Makroskopisch zeigten sich kleine, weisse Colonien.

Mikroskopisch: Zahlreiche kurze Ketten vegetativer Formen; Sporen zweifelhaft; ich impfte daher sofort etwas von den weissen Colonien in Bouillon, erhitzte letztere 2 Minuten lang auf 80° und stellte die Röhrchen nach der Abkühlung in den Thermostaten; die Bouillon war nach 10 Tagen noch steril. Mithin waren anaërob auf Agar auch keine Sporen gebildet worden.

Vom zweiten Röhrchen impfte ich sofort nach dem Oeffnen auf frisches Agar und in Bouillon. Auf beiden wuchsen bei Luftzutritt im Thermostaten lange, normal aussehende Fäden vegetativer Formen, die sich im mikroskopischen Bilde durch zwei Gesichtsfelder erstreckten. Ein derartiges Bouillonröhrchen, 2 Minuten auf 80° erhitzt, zeigte am nächsten Morgen eine reichliche Auskeimung der Sporen in Anthraxbacillen von gewöhnlichem Aussehen.

IV. Kartoffel-Cylinder.

Sie waren frisch sterilisirt und in der vorher beschriebenen Weise behandelt worden.

Makroskopisch: Einweisser, deutlich sichtbarer Belag.

Digitized by Google

Mikroskopisch: Ziemlich lange Ketten normal aussehender und verkümmerter Formen; zum Nachweis der Sporen impfte ich in Bouillon ab, tödtete die Bacillen durch Erhitzung auf 80°; nach 2 × 24 Stunden zeigte sich in diesen Röhrchen nach dem Entnehmen aus dem Thermostaten reichliche Auskeimung.

Von der zweiten Kartoffelcultur wurde nach dem Oeffnen eine Oese des weissen Belags in Bouillon verrieben, letztere 2 Minuten auf 80° erhitzt und 1 ccm hiervon einer Maus injicirt, die an typischem Milzbrand zu Grunde ging.

Auf Kartoffeln waren also anaërob Sporen gebildet worden.

V. Sterile Cydonia- und Althaea-Maceration.

Auch diese war nach dem Erkalten sofort geimpft und wie die andern Nährböden behandelt worden.

Makroskopisch: Starke Entwicklung.

Mikroskopisch: Lange Fäden vegetativer Formen, die, mit Gentianaviolett gefärbt, mehrmals durch die Flamme gezogen und in Wasser betrachtet, Kapsel zeigten von derselben Schönheit und Deutlichkeit wie die im Thierkörper gebildeten.

Zum Nachweis der Sporenbildung erhitzte ich sofort das zweite Originalröhrchen auf 80° und impfte:

1. eine Maus mit 1 ccm. Dieselbe starb nach 31 Stunden an typischem Milzbrand.
2. Agar-, Gelatine- und Bouillonröhrchen, in denen starke Entwicklung eintrat.
3. Den Rest des Originalröhrchens verbrachte ich in den Thermostaten von 37°; dabei zeigte sich, dass die anaërob gebildeten Sporen in der Flüssigkeit, in welcher sie gebildet wurden, aërob auszukeimen vermögen.

Aus obigem Versuche geht hervor, dass in Eibisch- und Quittenschleim bei Luftabschluss Sporen von beinahe normaler Virulenz entstanden waren.

Von den fünf in Anwendung gebrachten Nährböden waren unter anaërobiontischen Bedingungen auf Kartoffeln und in dem Eibisch- und Quittenschleim Sporen gebildet worden. Trotzdem ich keinen Augenblick an der Richtigkeit der erhaltenen Resultate zweifelte, hielt ich es für nöthig, um Täuschungen irgend welcher Art zu vermeiden, und da ich in der Literatur über das anaërobe Zustandekommen der Milzbrandsporen nichts finden konnte, mit den Nährmedien, auf denen nach der ersten Methode Dauerformen entstanden waren, die Versuche nach einem anderen Züchtungs-Verfahren, und zwar im Botkin'schen Apparate, zu wiederholen. Letzterer war durch Reinigen mit Sublimatlösung und Nachspülen mit sterilem Wasser keimfrei gemacht worden. Auf die einzelnen Bänkchen verbrachte ich die frisch sterilisirten und mit je zwei Oesen frischem Milzsaft eines an Milzbrand gefallenen Thieres geimpften Nährmedien in offenen Petri'schen Schalen. Die grosse Schüssel, in welche die über dem Apparate befindliche Glasglocke einmündet, war mit 10proc. Pyrogallollösung zu einem Drittel angefüllt, und dieses zur Absperrung der Zimmerluft aussen mit Paraffinöl in dicker Lage bedeckt worden. Es wurde nun durch den U-förmig gebogenen Gummischlauch gereinigter Wasserstoff nahezu 2 Stunden lang eingeleitet. Aus der Glocke führte ein zweiter Gummischlauch in eine Waschflasche, die durch einen Quetschhahn verschlossen war; dieser wurde erst geöffnet, nachdem man annehmen konnte, dass der Apparat sich grösstentheils mit Wasserstoff gefüllt hatte. Nun wurde noch 2 Stunden lang Wasserstoff entwickelt und dieser sodann an der Capillare, die sich an der Waschflasche befand, angezündet; er verbrannte ganz ruhig, wonach also alle Luft aus dem Apparat verdrängt war. Nach Entfernung der Gummischläuche gab ich in die Pyrogallollösung mit einer Pipette die nöthige Menge ausgekochter Kalilauge unter die Paraffinschicht und liess den Apparat, der also auch abgeschlossen war gegen das Eindringen der äussern Luft, zehn Tage bei 35° stehen. Nach Ablauf dieser Zeit war die Pyrogallollösung nur schwach gebräunt; es zeigte sich auf den diversen Nährböden, als welche ich ausser Bouillon, Kartoffeln, Eibisch-

und Quittenschleim noch einen wässrigen, 10proc. Weizenauszug, sowie Schafblutserum mit 25% Traubenzuckerbouillon in Anwendung brachte, folgendes:

I. Bouillonschale.

Makroskopisch: Entwicklung.

Mikroskopisch: Längere Ketten vegetativer Formen, sowie Involutionsformen.

Die Bouillon wurde mit sterilem Platindrahte gut umgerührt, mittelst einer sterilen Pipette einige Cubikcentimeter in ein Reagensrohr gebracht, darin 2 Minuten auf 80° erhitzt und hiervon einer Maus 1 ccm injicirt. Dieselbe blieb am Leben, sowie auch in dem Rest der erhitzten Bouillon bei 37° keine Entwicklung erfolgte. Es waren mithin in der Bouillon keine Sporen gebildet worden, welches Resultat mit dem nach dem ersten Verfahren erhaltenen vollkommen übereinstimmt.

II. Kartoffelscheiben.

Makroskopisch: Weisser Belag.

Mikroskopisch: Lange Ketten vegetativer Formen.

Sporenbildung: Eine Oese des Belags in Bouillon verrieben und 2 Minuten auf 80° erhitzt, ergibt im Thermostaten reichliche Auskeimung.

III. Weizenmaceration.

Makroskopisch: Flockige Entwicklung.

Mikroskopisch: Ketten von 40 Gliedern vegetativer Formen. Sporen schon mikroskopisch deutlich sichtbar.

In Bouillon, damit geimpft, zeigt sich nach Abtödtung der vegetativen Formen starke Auskeimung.

IV. Quitten- und Eibisch-Schleim.

Makroskopisch und mikroskopisch wie bei III.

Sporenbildung wurde durch die Erhitzungsmethode festgestellt.

V. Blutserum.

Makroskopisch: Serum stark verflüssigt.

Mikroskopisch: Lange Ketten vegetativer Formen, an denen im gefärbten Zustande die Plasmahüllen[1]) deutlich wahrnehmbar gemacht werden konnten.

Drei Bouillonröhrchen (R I—III) wurden mit je einer Spirale des Serums geimpft und nach der Erhitzung auf 80° R I und R II zur Auskeimung hingestellt; dieselbe erfolgte reichlich innerhalb 24 Stunden.

Mit je 1 ccm von R III wurden zwei Mäuse geimpft, die eine geht innerhalb 28, die andere innerhalb 32 Stunden zu Grunde.

Bei der letzten Versuchsserie waren also in allen Nährmedien mit Ausnahme der Bouillon unter anaëroben Bedingungen Dauerformen entstanden.

Ueber das anaërobe Auskeimen bacillenfreier Sporen sei an dieser Stelle nur soviel erwähnt, dass dasselbe ebenfalls im Quitten- und Eibischschleim erfolgt; nach dreitägigem Verweilen bei 35° konnte ich ausserordentlich lange Ketten vegetativer Formen mit deutlichen Kapseln auffinden.

Am Schlusse meiner Arbeit angelangt, erübrigt mir, die Resultate meiner Untersuchungen zusammenzustellen.

I.

Milzbrandbacillen von normaler Virulenz und erheblicher Resistenzfähigkeit bilden bei mittleren Temperaturgrenzen innerhalb bestimmter Zeiten Sporen und zwar nicht unbeträchtlich

---

1) Die Färbung der Plasmahüllen gelingt sehr gut nach der Lüpke-Klett'schen Methode (Zur Frage der Morphologie des Milzbrandbacillus. Deutsche thierärztl. Wochenschr., Bd. 2, 1894); nach Johne (Deutsche Zeitschrift f. Thiermed., Bd. 21, 1894), Haase (Zur Morphologie der Milzbrandbacillen. Deutsche Zeitschr. f. Thiermed., Bd. 20, 1894) und Kern (Ueber die Kapsel des Anthraxbacillus. Centralbl. f. Bact. und Paras., Bd. 22, S. 168; 1897) soll man bekanntlich an Milzbrandbacillen, die beliebigen Nährsubstraten entstammen, durch geeignete Färbemethoden die Kapseln sichtbar machen können, so dass der vielfach verbreiteten Anschauung, dass typische Kapseln nur im Thierkörper erzeugt werden, also auch der obige Befund widerspricht.

früher, als man auf Grund der mikroskopischen Untersuchungsmethode angenommen hat. Die Sporenbildung erfolgt

bei 37, 35 und 31° innerhalb 16 Stunden,
» 24° innerhalb 36 Stunden,
» 18° » 50 »

II.

Bei 12° sind die resistenzfähigsten Individuen der Milzbrandbacillen noch im Stande, Dauerformen zu bilden, wenngleich bei dieser Temperaturgrenze die Sporenbildung nicht mehr regelmässig erfolgt.

III.

Die bei 37° gebildeten Sporen besitzen eine grössere Widerstandsfähigkeit als die bei 31, 24 und 18° entstandenen; es scheint das Optimum der Sporenbildung ungefähr mit dem des Wachsthums der Milzbrandbacillen (37° C.) zusammenzufallen.

IV.

Während unter 12° C. keine Sporenbildung mehr stattfindet, sind bei Brutwärme gebildete Sporen im Stande, bei 12° zu vegetativen Wuchsformen auszukeimen.

V.

Die Milzbrandbacillen in ihrem vegetativen Zustande werden rasch abgetödtet, wenn sie höheren Temperaturen unter der Siedhitze ausgesetzt werden, und zwar beim Erhitzen in Bouillon auf

80° nach 1 Minute,
79° » 1½ Minuten,
78° » 2 »
75° » 3 »
70° » 4 »
65° » 5½ »

VI.

Werden Milzbrandbacillen dem schädigenden Einfluss niedriger Temperaturen ausgesetzt, so machen sie drei Stadien durch:

1. Stadium: Abnahme ihrer normalen Virulenz bis zu einem so niedrigen Grade, dass Mäuse, selbst mit enormen Bacillen-

Digitized by Google

mengen geimpft, nicht mehr erkranken, bei Erhaltung der Fähigkeit, in künstlichen Nährmedien unter günstigen Umständen sich zu entwickeln.

Im 2. Stadium verlieren sie ihr Wachsthumsvermögen, erlangen aber unter dem günstigen Einflusse der Brutwärme fast ihre normale Lebensfähigkeit und Virulenz wieder.

Im 3. Stadium sind die Bacillen, günstigen Bedingungen ausgesetzt, nicht mehr im Stande, sich zu erholen; sie erweisen sich als abgetödtet.

VII.

Der atmosphärische Sauerstoff übt keinen specifischen Einfluss auf das Zustandekommen der Dauerformen aus. Die Milzbrandbacillen bilden in geeigneten Nährmedien auch unter anaërobiontischen Bedingungen Sporen, von beinahe normaler Virulenz; als solche Nährmedien bezeichne ich:

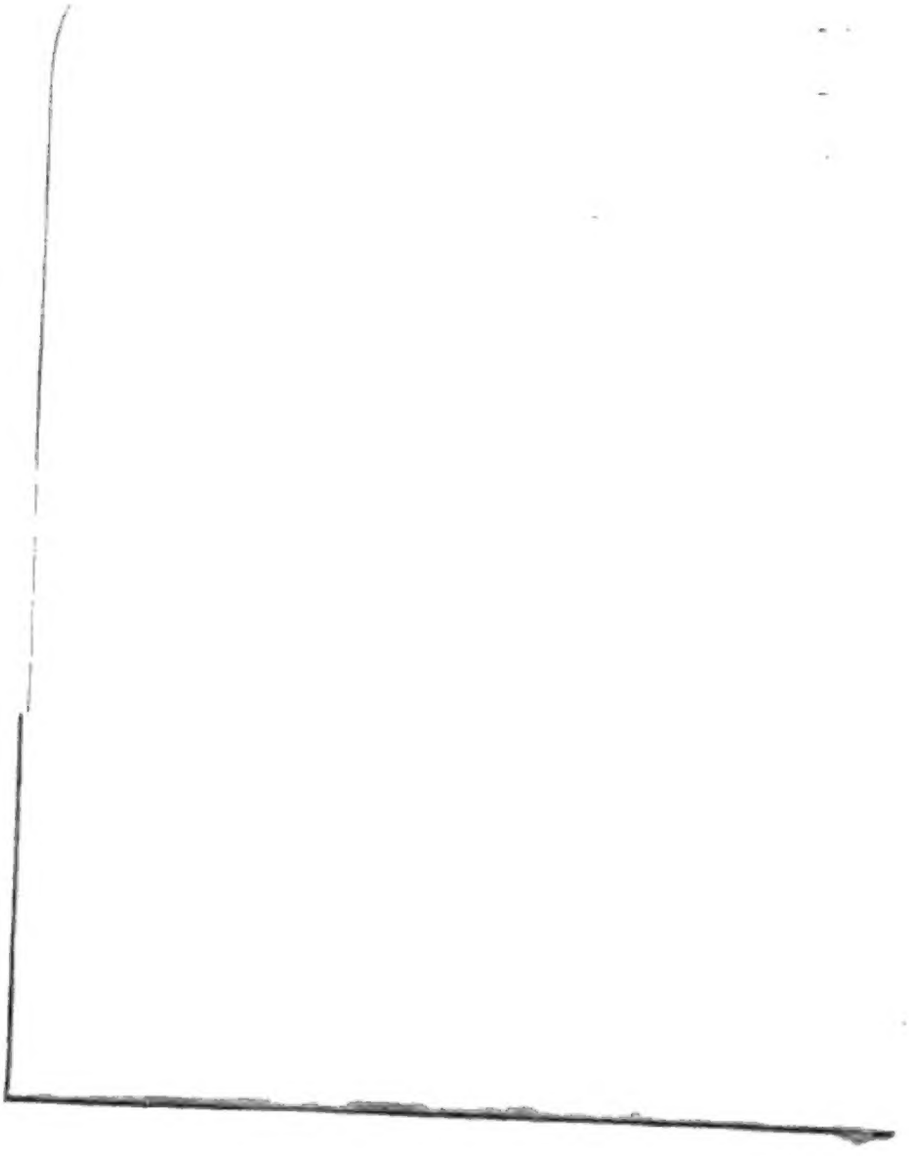
1. sterile Kartoffelscheiben,
2. 10proc. Weizenauszug,
3. je 5% Quitten- und Eibischschleim,
4. festes Schafblutserum mit 25% Traubenzuckerbouillon.

VIII.

In diesen Nährmedien vermögen auch Anthraxsporen, die aërob entstanden und durch 2 Minuten lange Erhitzung auf 80° von lebenden, vegetativen Formen befreit sind, unter anaërobiontischen Bedingungen zu langen Ketten normal aussehender Bacillen auszukeimen.

Digitized by Google

Digitized



Digitized by Google

UNIVERSITY OF MINNESOTA
Bell Library
MAR 21 07
Archive of Hygiene and Rehabilitation
3 1951 002 726 612 8

Digitized by Google